This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

HARVARD UNIVERSITY
MINERALOGICAL LIBRARY

PURCHASED FROM
THE
DEGRAND FUND

Transferred to
CABOT SCIENCE LIBRARY
June 2005

Folio
GB
2597
A68

46

EXPÉDITION ANTARCTIQUE BELGE

RÉSULTATS

DU

VOYAGE DU S. Y. BELGICA

EN 1897-1898-1899

SOUS LE COMMANDEMENT DE

A. DE GERLACHE DE GOMERY

RAPPORTS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉS AUX FRAIS DU GOUVERNEMENT BELGE, SOUS LA DIRECTION

DE LA

COMMISSION DE LA BELGICA

OCÉANOGRAPHIE

LES GLACES

GLACE DE MER ET BANQUISES

PAR

HENRYK ARCTOWSKI

MEMBRE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DE L'EXPÉDITION.

ANVERS

IMPRIMERIE J.-E. BUSCHMANN

REMPART DE LA PORTE DU RHIN

1908

MINERALOGICAL LIBRARY

Composition de la Commission de la "Belgica"

(Instituée par arrêté royal du 4 Décembre 1899.)

BUREAU :

Président : M. VAN BENEDEN, EDOUARD, professeur à l'Université de Liége, membre de l'Académie royale de Belgique.

Vice-Président : M. A. DE GERLACHE DE GOMERY, conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, promoteur et commandant de l'Expédition antarctique belge.

Secrétaire : M. G. LECOINTE, directeur scientifique à l'Observatoire royal de Belgique, commandant en second de l'Expédition antarctique belge.

MEMBRES :

MM. ARCTOWSKI, assistant à l'Observatoire royal de Belgique, membre du personnel scientifique de la « BELGICA ».

le Dr COOK, médecin de l'Expédition antarctique belge.

DOBROWOLSKI, membre du personnel scientifique de la « BELGICA ».

RACOVITZA, sous-directeur du Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer, membre du personnel scientifique de la « BELGICA ».

DONNY, lieutenant-général, aide-de-camp du Roi.

DU FIEF, secrétaire-général de la Société royale belge de géographie.

DUPONT, directeur du Musée royal d'histoire naturelle, membre de l'Académie royale de Belgique.

DURAND, directeur du Jardin botanique de l'Etat, membre de l'Académie royale de Belgique.

LAGRANGE, CH., professeur à l'Ecole militaire, directeur honoraire à l'Observatoire royale de Belgique, membre de l'Académie royale de Belgique.

PELSENEER, professeur à l'Ecole normale de Gand, membre de l'Académie royale de Belgique.

SPRING, professeur à l'Université de Liége, membre de l'Académie royale de Belgique.

STAINIER, professeur à l'Université de Gand.

MEMBRES DÉCÉDÉS :

MM. le Lieutenant-général BRIALMONT, membre de l'Académie royale de Belgique (déc. en juillet 1903).

CRÉPIN, directeur du Jardin botanique de l'Etat, membre de l'Académie royale de Belgique (décédé en mai 1903).

DE LA VALLÉE-POUSSIN, professeur à l'Université de Louvain, membre de l'Académie royale de Belgique (décédé en avril 1903).

ERRERA, LÉO, professeur à l'Université de Bruxelles, membre de l'Académie royale de Belgique (décédé en août 1905).

LANCASTER, directeur scientifique à l'Observatoire royal de Belgique, membre de l'Académie royale de Belgique (décédé en février 1908).

RENARD, professeur à l'Université de Gand, membre de l'Académie royale de Belgique (décédé en juillet 1903).

LES GLACES

GLACE DE MER ET BANQUISES

PAR

HENRYK ARCTOWSKI

MEMBRE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DE L'EXPÉDITION

Sorti des presses de J.-E. BUSCHMANN, Anvers
le 20 Novembre 1908.

LES GLACES

GLACE DE MER ET BANQUISES

PAR

HENRYK ARCTOWSKI

MEMBRE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DE L'EXPÉDITION

Avant le voyage de la BELGICA, fort peu d'observations avaient été faites sur les glaces des mers australes. FRICKER, qui a recherché dans les récits de voyage de Ross, de DUMONT D'URVILLE, de WILKES et des autres navigateurs qui ont exploré les régions antarctiques, les renseignements concernant la glace de mer qui s'y trouvent mentionnés, a pu résumer en peu de pages (1) tout ce que l'on savait sur les banquises du pôle Sud en 1898, au moment même où la BELGICA était emprisonnée dans les glaces.

La croûte glacée de l'Océan arctique a été incomparablement mieux étudiée. Ainsi, la monographie de WEYPRECHT sur les métamorphoses des glaces polaires (2) est un excellent aperçu sur la formation et les transformations des banquises. Aujourd'hui ce livre est déjà vieilli car depuis l'hivernage de WEYPRECHT à bord du TEGETTHOF d'autres explorateurs ont eu l'occasion d'étudier les glaces dans les régions boréales. Malheureusement, aucun d'eux ne s'est efforcé de recueillir, à l'aide de recherches poursuivies systématiquement, les matériaux nécessaires pour établir une nouvelle monographie, et les chapitres que THOULET (3) et KRÜMMEL (4) ont consacrés aux glaces dans leurs traités d'océanographie, ne sont que des résumés succincts des connaissances acquises.

Il serait donc fort intéressant de rassembler toutes les observations qui ont été faites, dans le Nord et dans le Sud, et de discuter d'une façon détaillée et approfondie les divers problèmes qui se posent. Moins vaste cependant est l'objet du présent travail : je me suis borné dans ce mémoire à résumer et à coordonner mes propres observations, déjà publiées précédemment et d'une façon plus complète sous forme de journal de voyage (5).

---

(1) KARL FRICKER : *Die Entstehung und Verbreitung des antarktischen Treibeises*, Leipzig, 1893, pp. 160-168. *Antarktis*, Berlin, 1898, pp. 206-209.

(2) KARL WEYPRECHT : *Die Metamorphosen des Polareises*, Wien, 1879.

(3) J. THOULET : *Océanographie (statique)*, Paris, 1890, pp. 423-486.

(4) OTTO KRÜMMEL : *Handbuch der Ozeanographie*, Stuttgart, 1907, pp. 498-526.

(5) HENRYK ARCTOWSKI : *Die antarktischen Eisverhältnisse*. Auszug aus meinem Tagebuch der Südpolarreise der BELGICA (Ergänzungsheft n° 144 zu Petermann's Mitteilungen), Gotha, 1903.

La lisière des glaces.

En janvier 1898, nous avons traversé le détroit de Bransfield et l'Inlet de Hughes sans y rencontrer la moindre trace de glace de mer, tandis que nous avions passé les premiers icebergs au N. des Shetland méridionales.

C'est seulement au sortir de la baie des Flandres, le 12 février, que nous avons remarqué pour la première fois quelques débris de plaques de glace. Il n'en est pas de même tous les ans, pendant l'été. Ainsi, en février 1904, CHARCOT a trouvé la baie des Flandres couverte d'une couche de glace continue (1), et au large du cap Renard la mer était encombrée de floes (2).

Plus tôt dans la saison, la limite du pack s'observe bien plus au nord. Ainsi, en octobre et novembre 1823 les Shetland méridionales étaient inaccessibles, à cause des glaces. WEDDELL indique, sur la carte (3) qu'il a donné de cet archipel d'îles, l'extension de la banquise à partir de l'île Smith (James Island) vers le NE., pour les dates du 29 octobre, du 5 et du 16 novembre. A la même époque de l'année, dans la nuit du 11 au 12 novembre 1902, l'Expédition antarctique suédoise se trouvait arrêtée par les glaces dès le 61e parallèle (4), et ce n'est qu'après dix journées d'une pénible navigation dans le pack que l'ANTARCTIC a pu être amené jusque Snow Island; plus loin, dans le détroit de Bransfield, la mer était alors déjà presque complètement libre de glace (5).

Dans cette région, les conditions des glaces doivent d'ailleurs varier assez notablement d'année en année. L'exemple des étés 1902-1903 et 1903-1904 ne doit pas être perdu de vue. Ainsi, tandis que le 2 février 1903 BRUCE se trouvait arrêté par le pack au NE. des Orcades méridionales (6) et que, également en février 1903, LARSEN ne put s'avancer jusqu'à la station d'hivernage de NORDENSKJÖLD et que l'ANTARCTIC fut écrasé par la pression des glaces au voisinage de l'île Joinville, au printemps suivant, au contraire, le capitaine IRIZAR, à bord de l'URUGUAY, parvenait aisément jusqu'à Snow Hill dès le commencement du mois de novembre (7).

A l'W. de l'archipel de Palmer et de la Terre de Graham, les conditions des glaces semblent être beaucoup moins variables d'une année à l'autre. Des fragments publiés du journal de BISCOE (8), il ressort que le long de la côte de la Terre de Graham l'extension des glaces a dû être la même en février 1832 qu'en février 1898. Chose intéressante à noter, c'est à la même date, le 15 février, que la BELGICA s'est trouvée soixante-six années plus tard au même endroit, et c'est le lendemain, 16 février, que BISCOE a noté de hautes montagnes à l'horizon S., montagnes qu'il estimait distantes de 90 milles de l'endroit où il était et qui, par conséquent, appartenaient probablement à la Terre Alexandre que nous avons pu voir, à cette même date, de beaucoup plus près.

---

(1) J.-B. CHARCOT : *Le* FRANÇAIS *au Pôle Sud*, Paris, 1906, p. 32.

(2) J.-B. CHARCOT : loc. cit., p. 20.

(3) JAMES WEDDELL : *A voyage towards the South Pole*, ..., London, 1827, p. 132.

(4) S. A. DUSE : *Unter Pinguinen und Seehunden*, Berlin, 1905, p. 101.

(5) S. A. DUSE : loc. cit., p. 104.

(6) WILLIAM S. BRUCE : *Report on the work of the Scottish National Antarctic Expedition* (Read at the Meeting of the British Association, Section E, Cambridge, August 23, 1904), p. 2.

R. C. MOSSMAN : *The Voyage of the* SCOTIA, Edinburgh, 1906, p. 52.

(7) OTTO NORDENSKJÖLD : ANTARCTIC, *zwei Jahre in Schnee und Eis am Südpol*, Berlin, 1904, vol. II, p. 270.

(8) *The Antarctic Manual for the use of the Expedition of 1901*, London, 1901, p. 331.

Les données du journal de bord du capitaine EVENSEN, qui a parcouru cette région au mois de novembre 1893, sont vraiment intéressantes à comparer aux indications de la carte de la « route suivie par la BELGICA du 13 au 19 février 1898 », carte dressée par M. LECOINTE. Je note simplement le fait que, par 73° et par 74° de long. W., la lisière de la banquise ne se trouvait, le 11 et le 12 novembre 1893, qu'à quelques milles (1) plus au N. que nous ne l'avons rencontrée le 17 février 1898, tandis que par 76° de longitude la HERTHA s'est avancée, à la date du 20 novembre, à une trentaine de milles au S. de la course de la BELGICA.

Le 28 janvier 1821, lorsque BELLINGSHAUSEN découvrit la Terre Alexandre, la limite du pack se trouvait également au S. de la route de la BELGICA. La planche de l'atlas de l'ouvrage de BELLINGSHAUSEN (2) qui donne le tracé de la « côte Alexandre Ier » montre que la lisière des glaces, qui s'étendait à l'W. et au NW. de cette terre, a été suivie par le VOSTOK et le MIRNYI de 69° 10′ S., 76° 46′ W., à 68° 30′ S., 75° 29′ W.

Par 102° de long. W., c'est par 70° 45′ de latitude que la BELGICA est sortie des glaces, le 14 mars 1899.

Là, à l'ouest du méridien de l'île Pierre-le-Grand, il est probable que la lisière de la banquise occupe approximativement la même position chaque année.

Ainsi, par 100° 16′ de long. W., le lieutenant américain WILLIAM M. WALKER se trouvait arrêté par les glaces, le 23 mars 1839, dès le 70e degré de latitude (3), tandis que plus loin vers l'ouest, par 106° 54′ de longitude, COOK est parvenu, le 30 janvier 1774, jusqu'à la latitude de 71° 10′ S. (4). Si l'on tient compte de la différence des dates, on constate que la position par laquelle la BELGICA est sortie hors des glaces est précisément comprise entre celles de WALKER et de COOK.

Il semble donc probable que, entre 100° et 106° de long. W., la lisière des glaces s'étend du NE. au SW.

La route suivie par BELLINGSHAUSEN (5) est des plus instructives, car d'une part elle montre que la généralisation que je viens de faire ne peut être considérée que comme une approximation grossière, attendu que la lisière des glaces n'est pas continue, que généralement elle est au contraire déchiquetée, et, d'autre part, le journal du navigateur russe nous montre aussi qu'un peu plus loin vers l'E., par la longitude de l'île Pierre-le-Grand, la limite de la glace de mer s'étend du N. au S.

D'après l'expérience acquise au cours de la dérive de la BELGICA, il semble probable que pendant les années 1898 et 1899 telles ont été également, tout le temps, les conditions des glaces; qu'en d'autres termes, le pack persiste toute l'année au S. de l'île Pierre, que là la mer n'est jamais libre de glace.

En résumé, pendant les mois d'été, les choses se passent absolument comme si les vents venant de la région E., vents qui deviennent prédominants à partir du mois de novembre (6),

(1) JOHANNES PETERSEN : *Die Reisen des* JASON *und der* HERTHA *in das Antarktische Meer 1893-1894 und die wissenschaftlichen Ergebnisse dieser Reisen* (Mitth. d. Geogr. Gesellsch. in Hamburg, 1895), p. 270.

(2) Dvoukratnyïa izyskanyïa w iougenom ledovitom okéanïè, St-Pétersbourg, 1831.

(3) EDWIN SWIFT BALCH : *Antarctica*, Philadelphia, 1902, p. 138.

(4) HUGH ROBERT MILL : *The siege of the South Pole*, London, 1905, p. 75.

(5) *F. von Bellingshausen's Forschungsfahrten im südlichen Eismeer 1819-1821*, Leipzig, 1902, pp. 188-190.

(6) Comparer les roses mensuelles des vents dans mon *Rapport sur les observations météorologiques horaires*, p. 32.

chassaient les glaces vers l'Ouest, dégageant ainsi les côtes pacifiques de l'archipel de Palmer et de la Terre de Graham. Dans la mer de Weddell, ces mêmes vents doivent forcément produire l'effet opposé : là les glaces doivent encombrer les côtes, la mer étant à l'E.; et c'est précisément ce que nous enseignent les voyages de Ross, de LARSEN et de BRUCE. Si maintenant, à l'W. de la Terre Alexandre, dans la région de la dérive de la BELGICA, les glaces sont retenues pendant les mois d'été, cela ne peut être dû qu'à ce fait qu'au S. de l'île Pierre-le-Grand il se forme chaque hiver une nappe de glace côtière, fixe, ne subissant pas de dérive, et qui arrête ou rend du moins très pénible la marche du pack vers l'W. Cette remarque me paraît entièrement justifiée par les observations relatives à la dérive des glaces qu'il a été possible de faire au cours de notre hivernage, et comme, après ce qui a été dit plus haut, l'on sera amené à se demander pourquoi, dans la région qui nous intéresse, la lisière de la banquise a été retrouvée aux mêmes endroits, par diverses expéditions et à bien des années d'intervalle, je dirai que, dans sa dérive, la banquise où nous nous trouvions emprisonnés se comportait comme si le pack glissait le long d'un obstacle, qui ne peut évidemment être qu'une côte ou une muraille de glace.

Et, si vraiment la banquise qui s'étend à l'W. de la Terre Alexandre jusqu'à l'île Pierre-le-Grand et au delà, vers le SW., tout au moins jusque 102° de long. W., est une banquise côtière, il y a encore lieu de faire observer que, pendant les mois d'été, alors que les glaces se trouvent le plus loin vers le S., la limite de la banquise suit, en maints endroits, à peu de chose près celle du plateau continental, absolument comme s'il y avait corrélation entre l'extension des glaces et les conditions bathymétriques.

Il serait fort difficile de dire quoi que ce soit de bien certain au sujet de l'extension de la banquise vers le N., pendant les mois d'hiver. FRICKER a tracé une carte (1) donnant, suivant tout le pourtour du pôle Sud, la limite extrême où des champs de glace de mer ont été rencontrés. Mais, comme il le fait remarquer, il ne s'agit là que de lambeaux de banquise. Les données faisant défaut, on ne saurait établir les variations annuelles de l'extension de la nappe continue des glaces de la banquise, ni même rien présumer au sujet de son extension maximale.

La glace près de la lisière de la banquise.

La glace de mer ne forme pas une couche continue, une plaine immense et unie ; au contraire, la pellicule de glace — relativement si mince — qui recouvre la surface de l'océan est brisée en tous sens, et est par conséquent formée de plaques plus ou moins grandes et plus ou moins serrées les unes contre les autres.

Le plus souvent il y a mouvement dans les glaces et, dans son ensemble, la banquise se déplace.

On peut dire que la banquise se présente suivant deux modes qui sont : la compression des plaques et la détente.

(1) KARL FRICKER : *Die Entstehung und Verbreitung des antarktischen Treibeises,* Leipzig, 1893.

Dans le paragraphe relatif à la formation des voies d'eau, je développerai plus longuement quelques considérations sur le rôle du vent ; je n'insisterai pour le moment que sur le rôle de la houle océanique qui, dans les régions antarctiques, est bien certainement l'agent principal de fragmentation de la glace de mer.

Mes observations prouvent, en effet, que la houle peut se propager dans les glaces jusqu'à une distance de plusieurs dizaines de milles de la mer libre, alors même que les plaques de glace sont relativement assez serrées les unes contre les autres.

Il est vrai que l'amplitude du mouvement ondulatoire va en diminuant rapidement lorsqu'on s'éloigne des eaux libres de glace, mais l'action de fragmentation exercée par la houle se fait néanmoins sentir aussi loin que le mouvement se propage.

A la lisière des glaces, les mouvements produits par la houle brisent les plaques en menus fragments (voyez pl. I, fig. 1 et 3); plus loin, ce sont les champs de glace qui se morcellent ; enfin, là où les ondes ne peuvent plus produire qu'un léger mouvement de va-et-vient, la houle agit encore par saccades, entre les floes, dans les amoncellements de glace produits par les pressions. La photographie ci-contre, qui a été prise de la mâture de la Belgica au cours de la dernière semaine de notre séjour dans le pack, montre la mer comme recouverte d'écailles. C'étaient de petits floes, dont le diamètre ne dépassait généralement pas la longueur du bateau. Et, comme on peut le voir, les angles étaient émoussés, les interstices remplis de débris, de blocs de glace ou de plaques plus petites, et là où les floes se touchaient directement ils s'usaient l'un l'autre par frottement. La photographie reproduite à la page précédente rend compte de l'aspect uniforme de l'une de ces plaques de glace.

Il doit exister une relation entre les dimensions des floes soumis aux mouvements de la houle et la longueur et l'amplitude de ces oscillations : les plaques de glace étant rigides, elles doivent émerger de l'eau suivant les bords aussitôt que la courbure de l'onde de la houle devient trop grande par rapport aux dimensions des plaques, de sorte que les portions qui ne sont plus soutenues par l'eau doivent se rompre.

D'ailleurs, les amplitudes allant en s'atténuant avec l'éloignement de la mer libre, les dimensions des floes iront en augmentant. Cette conclusion est parfaitement conforme aux

observations faites à bord de la BELGICA, au cours des quatre tentatives de pénétration vers le S., en février 1898.

Je l'ai déjà fait remarquer, c'est au voisinage du cap Renard, à la date du 12 février, que nous avons rencontré pour la première fois de la glace de mer. Plus loin, le chenal entre les îles Danebrog et la Terre de Graham était relativement libre de glace ; mais, dès le 13 février, à proximité du cap Tuxen, la côte se trouvait à tel point encombrée de glace qu'il fallut s'en éloigner pour pouvoir aller de l'avant. C'est ce jour-là, vers 11^{h} du matin, que la BELGICA traversa pour la première fois une banquise peu serrée, composée de glace en pleine fusion, rongée par la dissolution dans l'eau de mer, et dont certains blocs avaient une couleur jaune sale, due à des colonies de diatomées.

Au large des îles Biscoe, nous navigâmes dans une brume qui ne permettait pas de rendre compte de l'extension des glaces à l'E. de notre course. Plus loin, par 68° de latitude, nous longeâmes la lisière du pack qui se trouvait au-devant de la Terre Alexandre et, de là, s'étendait dans la direction de l'WSW.

Le 18 février au matin, par 77° de long. W. et 68° 37′ environ de lat. S., nous avions changé de route et cherchions à pousser vers le S. ; il règnait une brume, et la BELGICA s'engagea dans le pack au point bientôt de ne plus pouvoir avancer. Il fallut attendre que le temps s'éclaircît. Le pack était compact ; entre les plaques de glace, fortement serrées les unes contre les autres, un gâchis de glace pilée, provenant du frottement, remplissait tous les interstices sur une épaisseur de 30 à 60 centimètres Le tout se mouvait paresseusement sous l'action de la houle venant de l'océan. L'après-midi, le temps s'étant éclairci, nous pûmes nous convaincre que la route du pôle était barrée par un pack impénétrable et de nombreux icebergs, et ce fut à grand'peine que, le soir, nous parvînmes à sortir de la banquise.

Le lendemain de cette première tentative, nous nous dirigeâmes vers le S. sans quitter la lisière des glaces, ce qui nous obligea par moments à obliquer vers l'W. Au NW. de notre route, la mer était tout à fait libre, sauf quelque grand iceberg de temps en temps et parfois un banc de glaçons ou un lambeau de la banquise, formant un ruban de glace peu compacte ; mais l'horizon de la mer se dessinait toujours très nettement. A notre gauche, au contraire, le pack s'étendait à perte de vue partout où les icebergs ne nous empêchaient pas de voir au loin. Au-dessus de nous, le ciel reflétait le contraste : tandis que, du côté de l'océan libre, les nuages étaient noirs, l'autre moitié de la voûte céleste était très claire et, à l'horizon, l'iceblink était intense.

A la bordure extérieure du pack, les petits floes étaient fortement usés par l'action des vagues ; la forme caractéristique des plaques ne s'y rencontrait plus et les floes étaient le plus souvent parfaitement arrondis, parfois même on voyait des boules de glace rouler dans l'eau.

Nous fûmes de nouveau arrêtés dans notre marche vers le S., le 20 au matin, par 69° 45′ de latitude et 80° de longitude : nous étions entrés pour la seconde fois dans le pack. Les icebergs, encore très nombreux, l'étaient moins cependant qu'au large de la Terre Alexandre. La limite de la banquise était assez nettement marquée. A la bordure même, les plaques de glace de mer étaient petites, peu épaisses et légèrement espacées, et le tout était remué par la houle. Plus loin, on rencontrait des tables de glace de plus en plus grandes et de moins en moins espacées. Il aurait été difficile de déterminer la grandeur moyenne des floes. Les plaques

n'avaient pas seulement des dimensions progressivement plus grandes, mais leur épaisseur allait également en croissant. Les cassures étaient plus nettes et il y avait de moins en moins de débris. Du reste, il n'y avait pas de pâte entre les blocs de glace, même à la bordure de la banquise. Suivant toute apparence, la banquise dans laquelle nous nous trouvions engagés à la date du 20, provenait de la rupture d'un immense champ de glace qui venait de se disloquer.

Les plaques de glace de mer se composaient de trois couches parfaitement distinctes : une couche de neige au-dessus, un banc de glace compacte, émergeant à peine, et de la glace spongieuse en dessous. En prenant 2 mètres comme épaisseur moyenne, le banc de glace compacte avait environ 20 centimètres, la neige de 40 à 50 centimètres, et la glace spongieuse $1^m,20$ à $1^m,50$ d'épaisseur. La structure spongieuse était due à des trous verticaux de diamètre très variable (de 5 à 60 centimètres et, en moyenne, de 10 à 30 centimètres). Ces trous étaient plus ou moins cylindriques ; bien souvent ils ne traversaient pas toute la couche de glace et parfois ils se raccordaient à des poches ou à des canaux reliant les trous entre eux. Certains glaçons étaient très spongieux en dessous, d'autres ne l'étaient guère. La glace d'en dessous renfermait toujours des bulles gazeuses qui lui donnaient, dans certains cas, une apparence granulée.

La couche de glace compacte se détachait facilement de la glace spongieuse ; la démarcation entre elles était nette ; visiblement, la différence de composition et de structure était notable.

Quand la couche de glace compacte était détachée, la surface de la glace spongieuse apparaissait comme piquée de trous. Elle était légèrement feuilletée, souvent blanche, parfois un peu jaunâtre et d'autres fois fortement colorée en jaune.

J'ai vu, redressés, d'épais fragments de plaques de glace de mer. On observait alors un trait bleu en dessous de la couche de neige ; la première couche de glace, tout au-dessus, était d'un bleu pâle, tandis que la glace inférieure était très légèrement verdâtre.

D'après l'expérience acquise dans la suite, il est certain que la glace spongieuse n'était autre que de la glace de mer proprement dite se trouvant dans un état de fusion — ou plutôt de dissolution — très avancé, tandis que la glace compacte était de la neige transformée en glace, comme nous le verrons plus loin.

Après avoir passé la journée du 21 à l'extérieur du pack, nous sommes rentrés dans celui-ci le 22 février, par 81° de longitude et par la même latitude que le 20.

Mais, derechef, la BELGICA ne put s'avancer qu'à une distance relativement minime de la lisière de la banquise, tout au plus à 10 ou 12 milles des premiers glaçons. Les icebergs n'étaient plus aussi fréquents que précédemment ; néanmoins, j'en ai compté plus de soixante qui étaient en vue dans le pack sur tout le pourtour de l'horizon.

Au fur et à mesure que nous nous avancions dans la banquise, les plaques de glace de mer se montraient plus épaisses et plus serrées, leur diamètre augmentait, de sorte que la navigation devenait de moins en moins aisée. Les angles des plaques de glace n'étaient pas émoussés et les cassures paraissaient être de formation récente.

Le 23, au matin, je descendis sur un beau floe pour mesurer l'épaisseur de cette plaque de glace à l'aide de la sonde géologique de VAN DEN BROECK. La glace ne pouvait être percée à la vrille et il fallut le burin pour la trouer. L'épaisseur totale entre la surface de la neige et le point où cessait la résistance était de $3^m,10$.

Je notai :

8 cm. de neige granuleuse, mais déjà à 4 ou 5 cm. de la surface apparaissait un névé parfait avec grains de glace de 1 cm. de diamètre, en moyenne ;

puis, 5 à 6 cm. de glace formant une couche de névé soudé ;

15 à 16 cm. de glace compacte à grain glaciaire ;
niveau de l'eau ; } 20 cm.
4 ou 5 cm. de la même glace imprégnée d'eau de mer ;

enfin venait de la glace jaunâtre, douce, compacte, à cristallisation verticale, formant une couche de 5 ou 6 cm. Cette couche se détachait facilement de la glace à petits trous circulaires, molle et se cassant horizontalement, qui se trouvait immédiatement en dessous.

Sur les $3^m,10$ il n'y avait donc que 30 cm. qui émergeaient, soit 1/10. J'ai pu examiner le glaçon sur le pourtour. Les couches étaient parfaitement continues et formaient des strates très nettes. Par places il y avait des accumulations de neige de plus de 1 mètre. Quant à la glace, elle semblait être partout sensiblement de la même épaisseur.

Une fois sortis du pack, il fallut gouverner suivant la direction du NW., du 24 au 26 février, jusque 69° 10′ de latitude, point où la lisière de la banquise obliquait vers l'Ouest. Le 27, à midi, nous étions par 69° 24′ S., 84° 46′ W., et à 17^h par 69° 41′ S. et approximativement par la même longitude : il n'y avait pas de glace en vue. Du 23 au 27 nous avions donc contourné une extension de glace qui formait une sorte de langue de la banquise, langue d'au moins 30 milles de long, sensiblement moins large que longue, et qui s'avançait à partir d'une lisière relativement compacte, suivant la direction du NW. Au delà de cette langue, donc à quelques degrés seulement à l'W. de la longitude de notre troisième tentative d'avancée vers le pôle, nous rencontrions des conditions de glace absolument différentes, puisque là, par 85° de longitude il nous fut possible d'atteindre, sans de bien grands efforts, la latitude de 71° 30′ S.

Ainsi, le 28 à midi, nous nous trouvions par 70° 24′ et, grâce à un vent favorable, nous pouvions avancer rapidement dans les glaces, le pack étant beaucoup moins serré que précédemment.

Près de la Terre Alexandre, la glace de mer était bien délimitée et les plaques de glace formaient un recouvrement continu, tenant en quelque sorte à la terre. Sur la route suivie à la date du 28 février et à 14° seulement à l'W. de la Terre Alexandre, les conditions des glaces étaient toutes différentes. Le pack n'était pas nettement délimité, des fragments se trouvaient disséminés à la surface de la mer bien avant l'entrée du pack, et nous avions rencontré une première bande de plaques peu serrées, mais formées de glace épaisse et très déformées par l'action des vagues, puis une deuxième bande, une troisième et ainsi de suite, entre lesquelles s'étendaient de vrais lacs, parfois très vastes. Il y avait aussi beaucoup moins d'icebergs que précédemment : ainsi, à midi, je n'en ai compté que dix-neuf à l'E. et dix-neuf également sur l'horizon W.

Le 1er mars nous avions franchi le 71e parallèle et les icebergs étaient encore moins nombreux que plus au N. ; je ne pus en compter que dix à l'horizon E. et six à l'W. de la Belgica. Il y avait beaucoup de jeune glace sous forme de petites tables de grandeur très variable et légèrement couvertes de neige. Les plaques de glace étaient assez grandes, mais généralement peu épaisses.

Il est compréhensible que la glace de mer ne fût pas très fragmentée en ce point : nous

avions dépassé un assez grand nombre de bandes de pack et nous nous trouvions déjà à une distance respectable de la lisière de la banquise. Mais pourquoi la banquise se présentait-elle dans son ensemble sous forme de bandes, allongées suivant la direction E-W. et laissant entre elles de grands lacs libres de glace ? Il semble vraiment que nous nous trouvions là, par 85° de longitude, à l'extrémité de la banquise côtière de la Terre Alexandre et que les bandes de pack traversées par la BELGICA étaient des lambeaux de cette banquise.

Après notre hivernage, un an plus tard, alors que nous sortions du pack par 102° de longitude, nous pûmes remarquer que des voies d'eau se formaient toutes les fois que le vent poussait les glaces vers le N. et que la lisière de la banquise était frangée. La photographie du pack reproduite plus haut (p. 7) montre deux bandes sombres à l'horizon : c'est le *water-sky* des Anglais. Le reflet de la glace sur la voûte céleste forme l'*iceblink*, et ce sont les discontinuités dans l'iceblink qui forment le *ciel d'eau* ou *water-sky*. La photographie montre par conséquent qu'au delà de l'horizon visible il y a une voie d'eau, puis une bande de glace et enfin, dans le lointain, la mer libre. C'est ce que nous avons pu voir d'une façon presque continue pendant les dernières semaines de notre emprisonnement dans le pack. Or le water-sky se rapprochait de nous, et parfois nous pouvions apercevoir de la mâture de la BELGICA la mer libre de glace. Il semble par conséquent que les lambeaux se détachant de la lisière de la banquise sont détruits par la houle océanique.

La congélation de l'eau de mer.

Les recherches que je m'étais proposé de faire, au cours de l'Expédition, comportaient une étude comparée des phénomènes physiques et chimiques qui accompagnent la congélation de diverses dissolutions salines, dans l'intention de résoudre ultérieurement, par des travaux de laboratoire, quelques-uns des problèmes qu'une telle étude m'aurait permis de soulever.

Avant 1897, bien peu d'expériences avaient été faites sur la congélation de l'eau de mer, et il aurait été vraiment intéressant d'instituer de telles recherches, non seulement sur des échantillons d'eau de mer de densité différente, mais aussi à l'aide de solutions des sels qui s'y trouvent dissous, et de mélanges de ces solutions.

L'étude de la formation de la glace hors de l'eau de mer comporte des questions se rattachant intimement à quelques-uns des problèmes des dissolutions non aqueuses, des alliages par exemple, de la formation des verres, des verres colorés notamment, et aussi à ceux, d'une portée plus générale encore, qui concernent la formation des minéraux des roches éruptives et métamorphiques. On se trouve là, dans des domaines scientifiques absolument distincts, en présence de problèmes identiques, problèmes concernant les combinaisons moléculaires, les dissolutions solides, et aussi les phénomènes de cristallisation et de recristallisation qui peuvent s'y produire.

Mes autres occupations à bord m'ont malheureusement empêché de réaliser le programme de recherches que je m'étais proposé.

Les expériences que j'ai faites sur la congélation de différentes dissolutions, plus spécialement de sels colorés dans l'eau, l'examen des cristaux de glace qui se forment dans des solutions concentrées, et d'autres recherches d'orientation m'ont vivement intéressé ; mais,

m'étant bien rendu compte, dès le début, que de telles expériences eussent exigé beaucoup de temps, je me suis abstenu de les poursuivre.

Aussi mes observations sur la congélation de l'eau de mer ont-elles été tout à fait fortuites.

La température de congélation de l'eau de mer varie, de même que celle d'autres solutions, avec la proportion plus ou moins grande des sels qui s'y trouvent dissous (1).

Je n'ai fait qu'une seule détermination de la température à laquelle la glace se forme dans l'eau de mer. Cette expérience a été faite, à la date du 6 mars 1899, avec de l'eau puisée à une profondeur de 1500 mètres, le 19 février. La densité S_4^{15} de cette eau était de 1.0256 ; le poids des sels qui correspond à cette densité (2) est de 34.36 °/oo.

Après vérification des thermomètres, j'ai installé une grande éprouvette (contenant l'eau) sur le pupitre des cartes sur la passerelle, j'y ai fixé le thermomètre de telle sorte que toute la colonne mercurielle fût plongée dans l'eau et j'y ai adapté un agitateur en verre. La température de l'air étant de —5°, le refroidissement était progressif et lent. Voici le texte de la note inscrite dans mon carnet d'observations :

« Température —2°.20, et il n'y a pas de formation de glace. J'agite fortement : des cristaux se forment, le thermomètre monte à —1°.90 et se maintient à cette température. De petits cristaux continuent à se montrer au sein de l'eau. Ce sont de minimes bâtonnets cristallins qui scintillent et qui, en montant dans l'eau, grandissent et s'associent pour constituer des paillettes. Puis, ce sont des étoiles qui apparaissent. L'eau étant abandonnée au repos, la température que prend la couche inférieure est de —2°.15 ; les étoiles qui se forment là montent très doucement à la surface. J'agite toute la masse d'eau et la température revient à —1°.90. Par contre, beaucoup plus de cristaux naissent par l'agitation. J'abandonne au repos. De nombreuses platines hexagonales se constituent. Une grande étoile à branches en feuilles de fougère, très fine, grandit au sein de l'eau, atteint 2 centimètres, puis s'élève. La température est de —2°.0. J'agite et la température remonte de nouveau à —1°.90. »

Vers la fin du mois de janvier, tandis que nous étions occupés à scier un canal pour délivrer la Belgica du champ de glace dans lequel elle se trouvait emprisonnée, j'ai également pu suivre, à différentes reprises, la formation de cristaux de glace dans l'eau de mer, la nuit, lorsqu'il gelait.

« En me couchant sur la glace, je pouvais observer de près ce qui se passait dans l'eau tout contre la paroi de glace sciée. A la surface, des platines de glace grandissaient tout doucement sous forme de feuilles de fougère délicates. Dans l'eau courante, je voyais étinceler de minimes éléments cristallins, — des fibres de glace d'un millimètre au plus ou peut-être de fines platines, je ne sais, — et quand ces petits éléments cristallins, qui se formaient spontanément, venaient à se rapprocher de l'une des étoiles en formation, ils étaient précipités vers elle et disparaissaient. L'eau plus dense, éliminée par le fait de la cristallisation, s'écoulait en filets

(1) Des déterminations du point de congélation d'échantillons d'eau de mer de différentes densités ont conduit Otto Pettersson à la conclusion qu'à une augmentation du poids spécifique de 0.00014 correspond un abaissement du point de congélation de 0°.01 C. (Vega-Expeditionens Vetenskapliga Arbeten, II, p. 271.)

Récemment, des déterminations de ce genre ont été faites par H. J. Hansen (Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, I, p. 241), qui a dressé un tableau des points de congélation de l'eau de mer à différentes densités.

(2) H. Arctowski et J. Thoulet : *Rapport sur les densités de l'eau de mer*, p. 22.

qui se délayaient, tout comme ceux que l'on voit, par suite d'un effet de réfraction, en mélangeant de l'alcool et de l'eau par exemple.

» Les platines hexagonales flottaient à la surface, atteignaient 2, 3 et 4 centimètres et n'étaient que les précurseurs d'une cristallisation plus importante qui s'effectuait en dessous d'elles, suivant le sens vertical. Là des platines disposées verticalement s'associaient en se groupant parallèlement l'une contre l'autre, et ces groupements de platines extrêmement minces se juxtaposaient assez irrégulièrement. Pourtant, les espaces vides laissés entre eux étaient généralement triangulaires. Cette première glace formée (qui d'ailleurs ne restait pas cohérente quand on la sortait de l'eau sur la paume de la main) était donc cellulaire.

» Mais d'autres cristaux se formaient également, contre la paroi de glace, à 15 ou 20 centimètres sous la surface de l'eau. Cette cristallisation était arborescente. C'étaient des feuilles de fougère longues de 10 à 25 centimètres, fines, à nervures délicates mais complètement soudées, affectant la forme de flèches aux contours en zig-zag. Des feuilles partant d'une même souche rayonnaient suivant des directions variables; pourtant les plans des feuilles étaient de préférence verticaux, l'axe étant horizontal (1). »

A la date du 4 mars 1898, j'ai noté dans mon journal une observation semblable. Du reste, afin de me rendre mieux compte du mode de formation de la nouvelle glace de mer, j'ai fait quelques expériences à bord, à la date du 22 février 1898, expériences que j'ai décrites comme suit :

« En laissant de l'eau de mer se congeler dans un seau, on obtient une mince couche de glace assez compacte et douce, et en dessous vient se former une belle cristallisation de tablettes se groupant verticalement. Elles se composent de pellicules cristallines triangulaires, d'environ 1 centimètre carré de surface et groupées parallèlement, donnant à l'ensemble 2 millimètres d'épaisseur. Ces tablettes de cristaux sont associées suivant des angles variables, de façon à former une mosaïque cristalline, laissant des interstices dans lesquels peuvent séjourner des bulles gazeuses et les eaux mères, qui donnent à ces cristaux un goût très salé.

» En mettant de l'eau de mer entre deux porte-objets de microscope et en les exposant à l'air froid, on peut facilement voir croître les cristaux de glace. Un grain de poussière sert de centre de rayonnement. La cristallisation suit les axes. C'est un vrai rayon d'aiguilles cristallines qui se propage de la sorte, et cela d'autant plus rapidement qu'il a fallu attendre plus longtemps.

» En exposant à l'air un matras conique rempli d'eau de mer, ce n'est pas la surface libre qui gèle la première. Dans ces conditions, l'eau étant parfaitement tranquille et l'abaissement de la température se produisant uniformément de toutes parts (à l'ombre et à —6°), on observe la formation de très grandes tables cristallines, très fines et parfaitement planes, qui se placent verticalement. Bientôt il s'en forme suivant différentes directions et elles s'enchevêtrent.

» J'ai également abandonné de l'eau de mer dans un cristallisoir. Dans ce cas, la surface libre n'étant plus rétrécie mais au contraire très grande, les cristaux viennent se coucher à la surface de l'eau après avoir cristallisé verticalement. Les tablettes ne cessent de se former en poussant la cristallisation de la surface vers le bas, suivant un plan vertical, et bientôt, perdant l'équilibre, elles viennent se plaquer, les unes sous les autres, à la surface du liquide. La croûte

(1) Des cristallisations semblables se formant à la surface de la jeune glace, mais dans l'air, seront décrites plus loin.

qui se forme ainsi est feuilletée, flexible, molle et friable ; ce sont là les caractères de la première croûte de glace de mer fraîche que j'ai également examinée. »

Ainsi, à cette même date du 22 février, j'ai observé la formation de nouvelle glace déjà à partir de midi, quoique la température de l'air ne fût que de —5°.8. Ayant recueilli une tablette d'environ 5 centimètres d'épaisseur, j'ai pu constater que cette jeune glace de mer était formée d'un assemblage de cristaux triangulaires, disposés verticalement, les sommets orientés vers le bas, et composés de fines lamelles plaquées l'une sur l'autre. Cette glace était molle et se cassait très facilement suivant le sens vertical ; elle s'effritait. Le goût salin était assez prononcé. Le soir il y avait de la glace de formation fraîche en quantité notable. Cette nouvelle glace se présentait sous forme de tablettes rondes, ayant de 50 centimètres à 1 mètre de diamètre, émergeant à peine de l'eau et garnies d'un petit bourrelet blanc de débris provenant du frottement des tablettes. Cette glace était évidemment celle que les Anglais appellent *pankake ice*.

J'ai fondu un fragment de *pankake ice*. L'eau de fusion offrait un léger trouble blanc. Le poids des sels contenus dans cette eau (calculé d'après la densité) était de 8.19 °/₀₀, soit 8gr,19 pour 1 kilogramme de solution, tandis que la salinité de l'eau de mer était, au même endroit, de 32.34 °/₀₀.

Un autre fragment de glace, jaunâtre, provenant de glace de mer peu épaisse, avait une salinité un peu plus grande : 11.43 °/₀₀.

Après avoir laissé séjourner cette glace de mer pendant deux jours au laboratoire, de façon à la soumettre à une fusion très lente, et après avoir décanté les premières eaux de fusion, j'ai trouvé 4.64 °/₀₀ de sel dans la glace qui restait, ce qui montre que la glace n'est pas simplement imprégnée d'eau de mer.

Vitesse d'accroissement de la glace de mer.

En vue de déterminer la vitesse avec laquelle s'accroît l'épaisseur de la jeune glace de mer, j'ai, au commencement du mois de septembre, procédé à des mesures dans le puits d'eau aménagé non loin du bateau pour les besoins de la pêche et pour les sondages.

Voici les quelques résultats que je transcris de mon journal de bord :

Samedi 3 septembre : de $17^h 30^m$ à 20^h, temp. —22° à —23°, épaisseur = 15 mm., en 2 $^1/_2{}^h$.

La glace formée est flexible et humide, les cristaux sont disposés verticalement suivant différentes directions ; à la surface il n'y a pas de trace d'efflorescences ni de givre.

A $23^h 30^m$, temp. —23° à —25°, épaisseur = 18 mm., en 3 $^1/_2{}^h$.
» = 25 » en 6^h.

Dimanche 4 : à 9^h, temp. — 23° à —22°, épaisseur = 38 mm., en 9 $^1/_2{}^h$.
» = 50 » en 15^h.

Cette glace est sèche et lisse à la surface. A 1 centimètre en dessous de la surface, la glace est plus compacte et renferme des bulles d'air. Plus bas il y a de grands cristaux disposés verticalement.

A 11^h 30^m, temp. —20° à —21°, épaisseur = 12 mm. en 2 $^1/_2{}^h$.
à 15^h 15^m, » —20°, épaisseur = 15 mm., en 3 $^1/_2{}^h$.
» 22 » en 6^h.
» 58-60 mm., en 21 $^1/_2{}^h$.
à minuit 30^m, temp. —20°, épaisseur = 75-78 mm., en 31^h.

Lundi 5 : à 9^h, j'ai 45 mm. en 8^h $^1/_2$, et 100-102 mm. en 39 $^1/_2{}^h$, mais la température ne s'est plus maintenue approximativement constante, car le thermomètre est descendu jusqu'à —31°.

Autre série :

Lundi 5 :	à 17^h 30^m dégagé le trou :	à 19^h 30^m,	après	2^h,	épaiss. =	17 mm.,	temp. —34°.
	à 22^h 30^m,	»		3^h,	»	23 »	
		»		5^h,	»	34 »	temp. —32°.
	à minuit 30^m,	»		2^h,	»	16 »	
		»		7^h,	»	41-42 »	temp. —32°.
Mardi 6 :	à 8^h 30^m du matin,	»		8^h,	»	49 »	
		»		15^h,	»	75 »	temp. —32°.
	Mardi, à 17^h, dégagé le trou à nouveau.	A 19^h,	»	2^h,	»	15 »	temp. —34°.
		22^h,	»	3^h,	»	21 »	
			»	5^h,	»	30 »	temp. —36°.
		minuit,	»	2^h,	»	15 »	
			»	5^h,	»	30 »	
			»	7^h,	»	40 »	temp. —37°.
Mercredi 7 : dégagé à 13^h.		A 17^h,	»	4^h,	»	24 »	temp. —36°.
		20^h,	»	3^h,	»	21 »	
			»	7^h,	»	40 »	temp. —39°.
		minuit,	»	4^h,	»	28 »	
			»	7^h,	»	44 »	
			»	11^h,	»	55 »	temp. —41°.
Jeudi 8 :	à 9^h du matin,	»		9^h,	»	51 »	
		»		18^h,	»	90-95 »	temp. —41°.

Dans cette couche de glace, les 6 à 8 millimètres du dessus se composent de « rassól » congelé, c'est-à-dire de saumure chassée de la glace après congélation plus complète, et les 30 centimètres du dessous sont formés de grands cristaux verticaux, friables, terminés en pointe vers le bas.

A 9^h du soir, épaisseur de glace formée en 12^h = 65 mm.
» » 21^h = 97 »
» » 30^h = 130 » temp. —34° à —40°.

Les expériences précédentes donnent des courbes de forme identique à celles résultant des mesures effectuées par WEYPRECHT (1). Ces courbes prouvent que l'épaisseur de la glace de

(1) KARL WEYPRECHT : *Die Metamorphosen des Polareises*, p. 135, Wien, 1879. — Voyez également : ERICH VON DRYGALSKI : *Grönland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1891-1893*, p. 422 notamment, ainsi que : ADOLPHUS W. GREELY : *Report on the Proceedings of the United States Expedition to Lady Franklin Bay*, vol. II, p. 384. — Voyez aussi le mémoire de MAKAROFF dans les Annalen der Hydrographie, 1899, p. 207.

mer ne peut s'accroître indéfiniment : il y a une limite aux progrès de la congélation, quelle que soit la température, car l'accroissement d'épaisseur va en diminuant rapidement avec les progrès de la congélation.

WEYPRECHT a très probablement compris dans ses mesures la neige accumulée au-dessus de la glace. Dans mes expériences, au contraire, la surface de la glace est restée tout le temps directement exposée à l'air. De plus, la température n'a pas varié notablement dans chacune de mes deux séries de mesures. Ce sont là des conditions idéales qui ne se réalisent que rarement. Les coefficients que l'on pourrait déduire de mes chiffres seraient donc dépourvus de toute signification pratique.

Il serait intéressant de comparer mes chiffres à ceux que donne la formule théorique de TETSU TAMURA pour la vitesse d'accroissement d'une couche de glace formée sur de l'eau douce (1), de même qu'à ceux des formules que J. STEFAN (2) a établies à l'aide de différentes séries de mesures faites dans les régions arctiques.

Les précipitations atmosphériques sont tellement fréquentes dans la région de l'hivernage de la BELGICA que ce n'est qu'exceptionnellement que la jeune glace de mer pouvait rester exposée à l'air quelques journées de suite ; le plus souvent — si même il ne neigeait pas — la neige chassée par le vent se déposait dans les voies d'eau ou sur la jeune glace à peine formée, modifiant ainsi les conditions de la congélation.

La figure 1 de la planche II représente une grande voie d'eau qui, s'étant formée pendant une tempête de neige, est couverte de jeune glace de mer blanchâtre formée en grande partie par l'apport de neige chassée. Près des bords de la vieille glace, l'accumulation de neige pouvait atteindre, par places, plus d'un mètre d'épaisseur, et ces endroits étaient très dangereux aussi longtemps qu'un froid intense n'avait pas consolidé la glace ainsi formée dans la portion immergée.

Lorsqu'une voie d'eau se congèle par un temps calme et très froid, la jeune glace qui se forme est parfaitement unie, très sombre, presque noire, avec une teinte légèrement verdâtre et mate. Jusqu'à une faible distance, cette jeune glace fait l'impression d'une nappe d'eau. Sur les bords, là où la glace est plus épaisse, elle est couverte de fleurs de glace (que je décrirai plus bas); plus loin, elle est parfaitement lisse. Je ne me suis jamais hasardé sur ce genre de glace sans patins à neige, et même lorsque j'étais muni de skys, je sentais la glace fléchir sous mon poids aussitôt que je m'arrêtais. Cette plasticité de la jeune glace dépend sans aucun doute de la température. Il me semble que par des températures inférieures à —25° la glace doit avoir de 12 à 15 centimètres d'épaisseur, sinon davantage, avant que l'on puisse marcher dessus, tandis que partout où des fleurs de glace se sont déjà formées on se sent en parfaite sécurité (3). Par une température voisine de —12°, peut-être en partie sous l'influence du rayon-

(1) HOWARD T. BARNES : *Ice formation with special reference to anchor-ice and frazil*, New-York, 1906, p. 101.

(2) *Annalen der Physik und Chemie*, Neue Folge, Bd 42 (1891), p. 269.

(3) J. WESTMAN qui, pendant l'hiver 1899-1900, a étudié la glace de mer de la baie de Treurenberg, au Spitzberg, écrit à ce propos ce qui suit :

« La solidité des couvertures de glace nouvelle était très différente dans la lagune et dans le port. Sur la lagune, la couverture de glace portait un homme à une épaisseur de 5.7 cm. le 23 septembre. Dans le port elle ne portait pas à une épaisseur de 8.3 cm. le 25 novembre et de 11,0 cm. le 26 novembre, et portait tout juste avec une épaisseur de 22.3 cm. le 30 octobre, de 14.3 cm. le 29 novembre et de 13.3 cm. le 6 février. Ces variations de solidité provenaient de différences de structure de la glace. La couche supérieure de la glace incolore de la lagune formée

nement solaire, j'ai constaté à la date du 20 mars que « de la nouvelle glace n'ayant que 6 centimètres d'épaisseur était parfaitement flexible tant qu'elle se trouvait sur l'eau. Un fragment de cette glace montrait une cristallisation verticale et était très friable. Cette glace s'effritait dans les doigts en simples paillettes et paraissait imprégnée d'eau de mer ; mais, exposée quelque temps à l'air, elle devenait dure. Ainsi s'explique que même de la jeune glace, surélevée légèrement au-dessus du niveau de l'eau par une pression latérale, devient cassante. »

Quand il y a du vent, la jeune glace de mer qui se forme peut être ondulée au point que l'on serait tenté de croire à une congélation soudaine de la surface de l'eau ridée.

La figure 3 de la planche II est un excellent exemple des divers aspects de la glace de mer. A l'avant-plan, la glace est ridée ; plus loin se voit de la jeune glace presque parfaitement unie ; plus loin encore, de la glace de formation moins récente est déjà recouverte d'une mince couche de neige, puis c'est de la glace plus épaisse que l'on aperçoit, et, à droite, la surface de l'eau libre de glace, tandis que tout au bout enfin, s'étend le champ de vieille glace dans lequel la voie d'eau s'est formée.

A la lisière de la banquise, et partout où la houle océanique se fait encore légèrement sentir, la congélation de la surface des eaux se poursuit général en tout autrement. Là il n'y a pas formation d'une nappe continue de glace. La figure ci-contre, qui reproduit une photographie prise par le commandant de Gerlache dans la mer du Grönland en avril 1895, montre la jeune glace que les Anglais appellent *pankake ice*. C'est la glace qui se forme en mer libre. Le mécanisme de sa formation est aisé à comprendre.

A bord de la Belgica, je n'ai noté l'apparition de ce genre de glace qu'une seule fois, à la date du 22 février 1898, alors que nous nous trouvions près de la lisière de la banquise. J'ai relaté cette observation plus haut (p. 14).

Les transformations de la jeune glace de mer.

J'ai déjà fait remarquer que la jeune glace — le *pankake ice* notamment — contient une proportion assez considérable de sels. Ainsi j'ai trouvé des chiffres variant entre 7 et 11 grammes

d'une eau de surface à peu près fraîche, était par conséquent compacte et dure. La nouvelle glace incolore du port, où l'eau de surface avait une salinité de 35 grammes par litre environ, se composait de bâtonnets verticaux si peu compacts que l'on émiettait facilement la glace avec la main. Aussi la solidité en était-elle médiocre. » (*Missions scientifiques pour la mesure d'un arc de méridien au Spitzberg*. Mission suédoise. Tome II, 8e section, B', p. 11, Stockholm, 1905.)

par kilogramme de glace, tandis que l'eau de mer contenait environ 33 °/₀₀ de sels dissous [1]. D'autre part, comme je l'ai déjà fait observer aussi, un fragment de glace avec 11.43 °/₀₀ de son poids de sel, abandonné pendant deux jours à une fusion lente, n'en renfermait plus que 4.64 °/₀₀, ce qui prouve que cette glace n'était pas simplement imbibée d'eaux mères de cristallisation, mais qu'une certaine proportion de sel se trouvait aussi plus intimement liée à la glace.

Dans la nature, la jeune glace de mer ne garde que peu de jours les sels (ou les saumures) qu'elle renferme d'abord en si grande quantité. Il semble même qu'elle s'en débarrasse pour ainsi dire complètement avec le temps.

Les phénomènes de la transformation de la jeune glace de mer ne nous sont encore que très imparfaitement connus. Les problèmes de physique moléculaire et d'ordre chimique qui se posent à ce sujet ont été jusque maintenant à peine abordés [2].

Les observations qu'il m'a été possible de faire sont relatives à la formation des « fleurs de glace » qui accompagnent la production de ce qu'on a appelé le « rassól ».

Je reproduis ci-après les notes que j'ai prises concernant ce sujet aux dates du 9 mars et du 8 septembre 1898.

« A plusieurs reprises déjà, j'ai pu constater des cristallisations analogues au givre et se présentant sous un aspect très particulier. Ce givre cristallise exclusivement sur la jeune glace de mer, encore parfaitement dépourvue de neige et par conséquent lisse et sombre. Il se présente sous l'apparence de belles houppes, en forme de petits bouquets ou de buissons en miniature. Ces touffes de cristaux ont de 5 à 12 centimètres de hauteur et sont presque toujours parfaitement isolées les unes des autres. Elles sont plus ou moins espacées. Généralement les plus espacées sont les plus belles et s'observent sur la plus jeune glace, tandis que sur la glace un peu plus épaisse les touffes sont serrées et petites. Sur la glace redressée par les pressions, et par conséquent complètement gelée à l'air, on ne voit que du givre ordinaire ou même on n'en voit pas du tout. Les touffes cristallines sont fréquemment alignées : elles longent de petites fentes ou bien elles bordent la plus jeune glace. Ces faits me portent à penser que nous avons affaire à une congélation d'eau filtrée à travers la glace ou à des eaux mères incluses entre les cristaux de jeune glace et poussées au dehors (par des voies capillaires) par l'effet de la congélation plus complète. Aussitôt parvenue à l'extérieur, cette eau doit s'évaporer, et l'air n'étant pas suffisamment sec pour absorber ces vapeurs, il y a formation de givre, ou du moins de cristallisations analogues à celui-ci.

» Ces cristallisations se produisent pendant des nuits froides et sereines. Pour ce qui concerne les formes, j'ai surtout remarqué de grandes lames, très fines, disposées en éventail les unes à côté des autres ; à la base elles sont rassemblées et soudées ensemble par d'autres cristaux disposés au hasard. Dans chaque lamelle on distingue une structure fibreuse très nettement marquée et le pourtour est dentelé ; c'est en somme une portion d'un grand cristal de glace en forme d'étoile et dont le centre se trouve évidemment à la base de la houppe. Il serait intéressant d'étudier la cristallisation de la glace — ou de toute autre substance — dans toutes les conditions réalisables.

---

(1) H. Arctowski et J. Thoulet : *Rapport sur les densités de l'eau de mer*, p. 16.

(2) Lors du Congrès polaire tenu à Bruxelles en septembre 1906, l'amiral Wandel a présenté une motion tendant à recommander l'étude de l'eau de mer pendant qu'elle gèle et dégèle, ainsi que l'étude des changements qui se passent dans la composition chimique, surtout en ce qui concerne les sulfates (Congrès international pour l'étude des régions polaires, Rapport d'ensemble, p. 162).

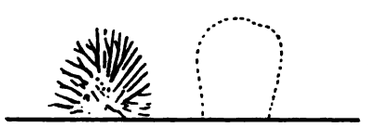
» Dans le cas présent, il ne s'agit évidemment pas de givre à proprement parler; néanmoins, nous sommes autorisé à conclure de cette observation que les différents aspects que peut affecter le givre dépendent essentiellement des conditions dans lesquelles se produit le phénomène de la cristallisation. »

Le jour de cette observation et le jour précédent, la température de l'air était comprise entre —4° et —7°. L'observation du 8 septembre, que je reproduis ci-après, coïncide au contraire avec les températures les plus basses ayant été notées à bord de la BELGICA : dans la nuit du 7 au 8 septembre, le thermomètre est descendu jusqu'en dessous de —43°.

Voici le texte de ma note :

« Les houppes blanches, qui contrastent si nettement avec le miroir sombre de la jeune glace sur laquelle elles reposent, sont plus petites que celles que j'ai vues en premier lieu, avant l'hiver, et elles sont aussi beaucoup plus serrées. Mais, d'un autre côté, nulle part elles n'ont cristallisé sous forme de feuilles de fougère : la forme hexagonale ne se rencontre plus, à présent la forme prismatique est exclusive. Sans doute cela est-il dû au froid plus intense. Ces houppes sont également plus denses et forment de petits dômes.

» Pour commencer, il ne se forme que quelques aiguilles très fines de 1 à 2 centimètres de longueur et partant d'un même point (fig. ci-contre). Chacune d'elles forme une petite colonne de prismes très minces. Puis, on voit pousser des rameaux, également isolés et disposés au hasard, toujours à peu près perpendiculaires à l'axe de l'aiguille sur laquelle ils cristallisent. Un stade plus avancé nous est fourni par plusieurs groupements semblables, enchevêtrés; dans ce cas, quelques aiguilles prennent un développement plus grand et atteignent de 4 à 5 centimètres de longueur. Mais il est rare de voir des cristaux un peu grands parfaitement lisses, car leurs extrémités se recouvrent de gelée blanche, très ténue, qui les saupoudre. Finalement on a un agglomérat d'aiguilles enchevêtrées, mêlées à du givre (fig. ci-contre). Ces différents stades de développement des fleurs de glace peuvent être observés en même temps.



» La formation de ces aiguilles semble aller de pair avec celle du « rassól » proprement dit, car elles sont toujours salées à leur base, tout contre la glace. Quant au « rassól » il apparaît le mieux développé sous les grandes houppes. La surface de la jeune glace est humide tant qu'une couche de « rassól » ne l'a pas recouverte. Avant que celle-ci ne se soit consolidée, elle se laisse facilement gratter au couteau, car elle est pâteuse, même en dessous de —30°.

» Cette couche de « rassól » est fortement salée. En l'examinant de plus près, j'ai contaté qu'elle est feuilletée. Ce sont de minces pellicules de glace superposées, entre lesquelles existent des vacuoles remplies de saumure et de bulles d'air. »

Comme nous l'avons vu plus haut, la formation de la toute première couche de glace consiste en une pellicule de cristaux en forme de feuilles de fougère qui, après avoir cristallisé dans l'eau suivant le sens vertical, culbutent et viennent flotter à la surface ; lorsqu'une couche très mince s'est ainsi formée, la cristallisation se poursuit de la même façon par dessous ; seulement les cristaux se formant plus lentement, parce que la pellicule superficielle protège l'eau contre un refroidissement très rapide, ils sont plus petits et restent dans leur position

verticale puisqu'ils peuvent s'attacher à la première pellicule de glace ; comme ils sont orientés suivant différents sens, les eaux mères de cristallisation restent dans les interstices.

La glace allant en s'épaississant acquiert une structure fibreuse. Or, la portion supérieure d'un bloc de vieille glace de mer montre une structure toute différente. Elle se compose en effet de bâtonnets pressés les uns contre les autres, disposés verticalement et offrant une certaine analogie avec les grains de glace des glaciers. Il semble donc certain qu'une transformation radicale de la structure de la jeune glace de mer accompagne la production du « rassól ».

Je viens de dire que dans la jeune glace il existe des interstices contenant des eaux mères. En dehors de l'observation directe de la mosaïque des éléments cristallins différemment orientés à la surface inférieure d'un fragment de glace peu épaisse et des vacuoles polygonales que l'on peut toujours constater, en dehors de cet autre fait que de la jeune glace abandonnée à une fusion lente perd avec les premières eaux de fusion environ 60 % de son sel, il y a encore un point intéressant à noter, et qui prouve à l'évidence le caractère cellulaire de la glace fraîchement formée, c'est que lorsque l'eau de mer renferme des organismes phosphorescents, la jeune glace de mer qui s'y forme peut également être rendue phosphorescente par le choc [1]. La façon la plus simple de s'expliquer la chose est en effet d'admettre que ces organismes continuent à vivre un certain temps dans les interstices formés entre les cristaux, interstices dans lesquels ils ont été emprisonnés.

Une question me paraît s'imposer : la glace d'eau de mer que l'on maintiendrait à une température voisine de celle du point de congélation ne garderait-elle pas indéfiniment les sels qu'elle contient ? En d'autres termes, l'élimination des sels ne serait-elle pas un simple processus de congélation de la glace ? La glace ne peut être refroidie tant qu'elle est mince. Mais aussitôt qu'une certaine épaisseur est acquise, la température de la couche superficielle de la glace peut descendre bien en dessous du point de congélation de l'eau de mer. Dans ces conditions, un processus de congélation plus complète doit se produire, et c'est alors que le « rassól » et les fleurs de glace se forment par l'élimination des eaux mères. L'examen microscopique de la glace faciliterait certainement la compréhension de ces phénomènes.

Glace de mer de sept mois.

J'en ai déjà fait la remarque, dans les régions antarctiques seule la glace fraîchement formée est à nu, aussi longtemps qu'une chute de neige ou de la neige chassée par le vent ne vient point la recouvrir. D'ailleurs, la neige qui s'accumule sur les champs de glace persiste toute l'année. Pendant les mois d'été, cette couche de neige diminue notablement d'épaisseur, par suite de la fusion et surtout de l'évaporation, mais ce n'est qu'en de très rares endroits et dans des conditions tout à fait exceptionnelles qu'elle vient à disparaître complètement. On peut donc dire qu'en règle générale la vieille glace de mer des régions australes n'apparaît jamais à nu, du moins dans la région de la dérive de la Belgica et partout où les conditions climatologiques sont semblables à celles de cette région.

D'après les observations de Axel Hamberg, il semblerait que les choses se passent tout autrement dans les régions arctiques. Là-bas, la glace a, il est vrai, l'apparence d'être couverte

(1) H. Arctowski : *Die antarktischen Eisverhältnisse*, p. 40.

de neige, en été bien entendu, mais ce fait est dû à ce que la glace de mer qui émerge de l'eau se trouve exposée à une température généralement supérieure à 0° et qu'ainsi les inclusions salines qu'elle renferme fondent les premières, s'écoulent, et laissent des pores qui se remplissent d'air ; de là la couleur blanche et l'apparence de neige (1).

J'ai remarqué que la glace de mer proprement dite peut se comporter exactement de la même façon dans les régions antarctiques ; mes observations ne sont donc pas en contradiction absolue avec celles de Axel Hamberg. D'ailleurs, même au N. de la Terre François-Joseph, l'apparence superficielle des floes de vieille glace de mer semble différer notablement, pendant les mois d'été, de ceux des régions antarctiques. J'ai pu m'en convaincre récemment en montrant au commandant Cagni des photographies prises par M. Racovitza, à l'aide d'un excellent appareil stéréoscopique de Richard.

Ce n'est pas à dire cependant que partout dans le Nord la neige disparaisse complètement en été des floes de glace de mer. Le botaniste de l'expédition que le regretté amiral Makaroff fit en 1901 dans la mer de Barentz, M. Palibine m'a rapporté qu'il n'avait vu de la glace côtière dépourvue de neige que dans les environs du cap Flora, tandis que les glaces rencontrées sur les côtes de la Nouvelle-Zemble et dans le NE. de la mer de Barentz étaient couvertes d'une couche de neige de plusieurs centimètres d'épaisseur.

Mais il semble certain que nulle part, dans les régions arctiques, la couverture de neige qui séjourne sur la glace n'atteint l'importance de celle qu'on observe dans les régions polaires australes, et que nulle part non plus les conditions météorologiques de l'été n'y sont aussi défavorables.

Du reste, je montrerai plus loin que dans la région de notre dérive l'accumulation de la neige est telle que la glace de mer, ne pouvant supporter ce poids, s'enfonce en sorte que les portions inférieures de la couche de neige descendent sous le niveau de flottaison et se transforment dès lors en glace parfaitement compacte. En été, au contraire, par suite de l'évaporation de la neige, — notamment aux endroits où la glace est de formation relativement récente, — il arrive que cette glace compacte, bleue, étant exposée à l'air et au rayonnement solaire, se désagrège en grains. Ces grains de névé ont exactement la même apparence que ceux qui sont produits par l'action du soleil sur les champs recouverts de neige pulvérulente ; les observations que je développerai plus loin le prouvent.

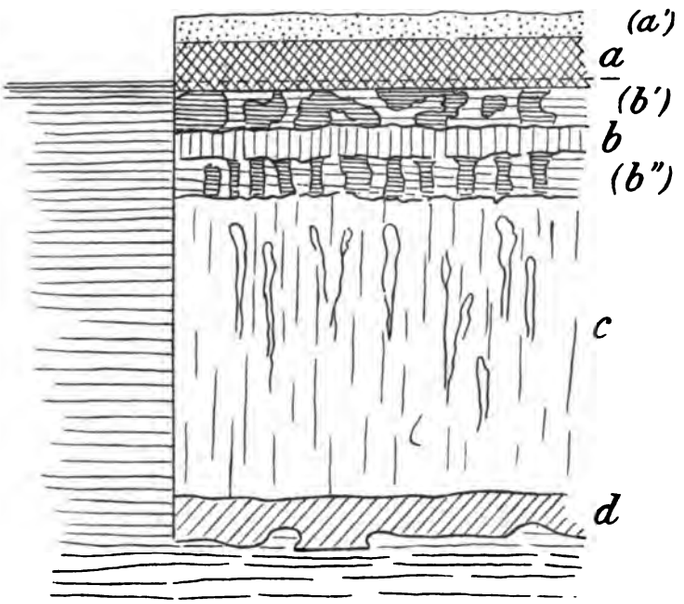
Au mois de janvier 1899, nous dûmes scier à travers notre floe d'hivernage un canal pour dégager la Belgica. Ayant reconnu le tracé d'une ancienne voie d'eau qui s'était ouverte en juillet, nous profitâmes du peu d'épaisseur de la glace qui s'y était formée pour creuser le chenal. Au cours de ce travail, il me fut possible d'observer de plus près la glace formée depuis le commencement de juillet. Voici ce que je notai au sujet de cette glace à la date du 30 janvier :

« Sans aucun doute l'aspect actuel de la glace est très particulier. L'épaisse couche de neige qui s'était accumulée à sa surface a disparu en grande partie, et l'action du soleil a été très efficace sur les premières couches de glace de mer, situées immédiatement en dessous de la glace dure à grain, provenant de la neige. L'aspect que la glace offre à présent nous représente donc l'un des premiers stades de sa décomposition.

(1) *Svenska Vet.-Akad. Handl.*, 1895, vol. 21, II, n° 2.

» La coupe ci-dessous montre que cette glace ce compose de plusieurs couches bien distinctes :

» *a'*) Restant de la neige qui recouvre encore partout la glace. Actuellement c'est du névé, épais de quelques centimètres seulement sur tout le parcours du canal, finement granulé à la surface (grosseur de plomb de chasse : 2 à 3 millimètres de diamètre), à grains plus gros en dessous (grosseur de petits pois : 4 à 6 et parfois 7 millimètres de diamètre). La démarcation entre le névé et la glace bleue sous-jacente n'est pas nette. Le névé tient à la glace et en grattant la surface de la glace on peut, au bout de quelques heures d'insolation, obtenir encore un peu de névé.



» *a*) Glace bleue, dure. Il a fallu l'attaquer à la hache et à la pioche. Elle est parfaitement compacte et n'a ni vacuoles ni canalicules apparents. Généralement elle ne plongeait que fort peu dans l'eau (ce qui est compréhensible, la glace s'étant déchargée de tout le poids de neige qui la recouvrait auparavant). Je ne sais si elle présente la structure granulée sur toute son épaisseur, mais je suis porté à le croire. J'ai vu de nombreux blocs de cette glace se décomposer (par suite de leur exposition à l'air, à la bruine et au dégel) en grains dont la grosseur atteignait 10 à 12 millimètres de diamètre ; le plus souvent cependant les grains étaient plus petits et ils étaient toujours parfaitement enchâssés les uns dans les autres.

» *b'*) Couche aquifère. Eau le plus souvent jaunâtre (comme la couche de glace sous-jacente *b*). La couche *a* est mal supportée, ce qui fait qu'aux endroits où cette glace cède sous le poids d'un homme, les pieds s'enfoncent dans l'eau. L'eau de la couche aquifère *b'* est très salée et ne manque jamais. N'ayant pas examiné cette eau, je ne saurais dire si sa salinité est supérieure à celle de l'eau de mer, comme je le pense.

» *b*) Glace de mer qui forme une couche continue de 10 à 20 centimètres d'épaisseur (parfois jusque 30). Le plus souvent elle se détache facilement du fond. Il suffit de la tailler en carrés, à l'aide d'une bèche, pour la faire flotter. Dans ce cas, elle n'émerge que fort peu.

» Parfois cette glace est bien compacte et dépourvue de bulles d'air. Elle se casse toujours facilement suivant le sens vertical. Stries nettement visibles. Exposée à l'air et à la température de 0° (ou à une température un peu inférieure à 0°), elle tombe peu à peu en miettes. Il reste alors un bloc effrité de bâtonnets de glace douce, de quelques millimètres d'épaisseur et difformes. Tous disposés parallèlement et plus ou moins bien enchâssés les uns dans les autres, ils se séparent d'eux-mêmes quand on les prend dans la main. Teinte jaunâtre.

» *b"*) Deuxième couche aquifère. Manque parfois. Il arrive que *b* ne peut être détaché de *c* que difficilement. C'est plutôt une couche de vacuoles dans la glace. Quand on gratte le fond de la rigole, après avoir enlevé *b*, de petits fragments de glace se détachent et souvent de petites bulles d'air montent également.

» *c*) Ensuite vient une couche épaisse qui, vue dans l'eau, paraît verte (l'eau est de cette couleur). Cette glace semble réellement avoir une teinte verdâtre ; on s'en rend compte quand une pièce fraîchement sciée flotte sur sa tranche. Striation nettement marquée, grossière en haut, très fine vers le bas. Cassure toujours verticale (dans le cas où des blocs ont été détachés à la tonite), fragments anguleux. Suivant le sens vertical, on voit de nombreuses traînées blanches, finement terminées vers le bas et larges de 1 à 5 centimètres en haut.

» Ces traînées blanches sont celluleuses dans leur partie supérieure ; elles ont donc été produites par l'élimination des gaz pendant la congélation.

» *d*) La démarcation de cette couche, très caractéristique, n'est pas nettement indiquée. La couche *c* devient plus compacte vers le bas et passe assez promptement à *d*. Cette couche inférieure semble opalescente et a une couleur rougeâtre ou brunâtre assez prononcée. Cassure légèrement vitreuse. C'est de la glace de formation très lente sans aucun doute. Cette glace est plus dure à percer et à scier que *c* (surtout quand la couche est un peu plus épaisse).

» De petits blocs de glace — dépourvus de la couche *a* — culbutent volontiers de façon que la couche inférieure vienne flotter à la surface, comme si cette glace d'en dessous était moins dense que la couche *c*. Or, toutes les fois que j'ai pu observer la surface inférieure de la glace, j'ai constaté qu'elle n'était pas plane, mais au contraire, toujours très légèrement bosselée, et qu'elle présentait en outre d'assez nombreuses concavités, ressemblant à celles produites par de petits cailloux sombres délaissés sur de la glace soumise à l'insolation.

» C'étaient des sortes de cuvettes, composées de plusieurs surfaces emboîtées, et, chose digne de remarque, dans la plus profonde se distinguait toujours un dépôt, comme une fine poudre rougeâtre. Le travail m'a forcé de négliger l'examen de ce dépôt, formé très probablement de diatomées (1). Quant au mode de formation de ces creux, — qui atteignaient 30 centimètres de diamètre et jusqu'à 20 centimètres de profondeur, — je ne sais s'il doit être rapporté à l'action du rayonnement solaire, car la neige semble devoir empêcher la pénétration de la chaleur rayonnante sous la glace.

» La surface inférieure de la glace était comme polie, mais non point lustrée, car elle était piquée de petits trous, comme l'est une écorce d'orange. »

La couche de neige et de névé.

Des mesures exécutées pour étudier la distribution et la variation des températures dans les couches épaisses de névé recouvrant les vieilles plaques de glace, permettent de nous rendre compte du rôle que joue le manteau de neige dans l'accroissement de la glace de mer. Je donne ci-après quelques résultats d'observations qui ont été faites en mars 1898, à l'aide de thermomètres coudés à grands réservoirs de mercure et qui étaient destinés à des mesures de la température du sol.

Il aurait été fort intéressant de poursuivre ce genre de recherches alors que la température

(1) Lors de la fusion des glaces arctiques, les diatomées jouent un rôle très considérable.

Voyez : J. W. Palibine, Résultats botaniques du voyage à l'Océan Glacial sur le bateau brise-glace Ermak pendant l'été de l'année 1901 (Extrait du *Bull. du Jardin imp. de Saint-Pétersbourg*, vol. III-IV), Saint-Pétersbourg, 1906, page 91 notamment du texte russe.

de l'air était basse, mais il m'a été impossible de le faire, la graduation des thermomètres dont je disposais étant insuffisante [1].

Le 3 mars, au soir, j'avais installé les thermomètres coudés dans la neige recouvrant une plaque de vieille glace qui se trouvait à proximité du bateau. Le lendemain, à 6h du matin, les indications étaient :

—3°.7	à la profondeur de	0m,10
—1°.7	»	0m,40
—0°.1	»	0m,90

A 6h du matin, la température de l'air était de —3°.8 et —5°.2 avait été la température minimum de la nuit.

La note qui accompagne l'observation est ainsi conçue : « Hier nous avons eu du fort beau temps et un rayonnement intense et, par conséquent, beaucoup de neige fondue et de l'eau, à 0°, s'infiltrant entre les grains du névé. Du reste, à la surface de la couche de glace douce, qui se trouve immédiatement en dessous de la neige, il y avait une couche aquifère. Si donc nous n'avons pas trouvé 0° à partir de la surface jusqu'au fond de la couche du névé, cela ne peut être dû qu'au refroidissement nocturne. »

Le 6 et le 7 mars, les observations suivantes ont été faites :

	Températures observées a			Température de l'air
	10 cm. de profondeur	35 cm. de profondeur	55 cm. de profondeur	
19h 40m	—5°.2	—2°.8	—2°.7	—5°.6
21h	—5.8	—2.9	—2.8	—5.7
24h	—5.6	—3.1	—2.8	—5.6
3h 30m	—6.6	—3.2	—3.8 ?	—6.5
10h 30m	—5.2	—3.5	—2.6	—5.5
12h	—3.6	—3.5	—2.4	4.5
14h	—2.6	—3.4	—2.4	—4.3
15h	—2.6	—3.4	—2.4	
17h 40m	—4.5	—3.5	—2.5	—4.8
19h 30m	—6.7	—3.7	—2.8	—6.2

Ces chiffres montrent qu'à 10 centimètres de la surface la température de la neige suit les oscillations de la température de l'air et que, sans aucun doute à cause du rayonnement solaire, la variation diurne y est même plus accentuée que dans l'air, tandis qu'à la profondeur de 35 centimètres elle est déjà très notablement atténuée.

(1) Une disposition très ingénieuse, adoptée par Nansen, pour les mesures qui ont été poursuivies par Scott Hansen dans la glace de mer, a été décrite par Mohn (The Norwegian North Polar Expedition 1893-1896. Scientific results, vol. VI, p. 541).

Les chiffres ci-après résument une série d'observations faites les 8 et 9 mars en un autre endroit :

	Profondeur de 10 cm.	Profondeur de 50 cm.	Température de l'air a bord
Le 8. III, à 4^h	—6°.9	—3°.9	—5°.8
» 6^h	—6.8	—3.9	—5.7
» 8^h	—6.4	—4.0	—5.5
» 10^h	—5.8	—4.0	—5.3
» midi	—5.2	—3.9	—5.0
» 14^h	—4.8	—3.9	—5.2
» 16^h	—4.7	—3.9	—5.2
» 18^h	—5.4	—3.9	—5.5
» 20^h	—5.6	—3.8	—4.5
» 22^h	—5.4	—4.0	—5.0
» minuit	—5.4	—4.0	—5.6
Le 9. III, à 2^h	—6.0	—3.9	—6.4
» 4^h	—3.8 ?	—4.0	—6.4
» 6^h	—6.2	—3.8	—6.8
» 8^h	—6.1	—3.2	—5.7
» 10^h	—5.2	—3.8	—4.8
» midi	—3.9	—3.7	—4.0
» 14^h	—3.4	—3.6	—4.6
» 15^h	—3.5	—3.7	. . . .
» 16^h	—3.9	—3.7	. . . .
» 18^h	. . . .	. . . .	—4.6
» $19^h 30^m$	—5.1	—3.8	—6.0

En traçant le diagramme exprimant graphiquement la variation de ces chiffres, on constate aisément que la marche diurne de la température, qui est fort bien accusée à 10 centimètres de profondeur, ne s'observe plus à 50 centimètres dans la neige.

Pourtant, il n'y a pas lieu de conclure de ces observations qu'une couche de neige ou de névé de 50 centimètres suffise pour supprimer les variations de la température de l'air, la variation diurne notamment. Ce que ces observations démontrent à l'évidence, c'est que la neige qui s'accumule sur la glace de mer, protège celle-ci contre les refroidissements brusques de l'air. Cette couche de neige ne faisant jamais défaut, on s'expliquera que nous n'ayons pas observé la production de fentes dues au retrait de la glace pendant des journées ou des nuits très froides. C'est là une différence importante entre les conditions des glaces antarctiques et celles du Nord. D'autre part, il se conçoit aussi que la neige amoindrisse notablement

l'accroissement progressif de l'épaisseur de la glace de mer et régularise la vitesse de cet accroissement (1).

J'aurais vivement désiré me rendre compte de la quantité des précipitations atmosphériques, et cela notamment afin de connaître l'accroissement de cette épaisse couche de neige qui recouvre les floes, plus particulièrement pendant les mois d'hiver, lorsque l'évaporation est nulle ou pour ainsi dire nulle.

Les difficultés qui se présentent quand on veut obtenir les chiffres relatifs à la quantité de neige tombée sont particulièrement ardues dans les régions polaires. Le pluviomètre ne peut servir à récolter la neige. Les tubes que nous avons expérimentés n'ont rien recueilli, alors qu'autour d'eux la neige s'est élevée de 1 décimètre. Pendant les chasse-neige et à des températures basses, toute la surface de la neige semble se mouvoir : chassée d'un point, la neige s'accumule en un autre.

Il m'a semblé que la difficulté pourrait être aplanie en plantant des piquets disséminés sur une étendue considérable.

Un premier essai qui a été tenté, aurait donné des renseignements sur la neige tombée avant l'hiver ; malheureusement, les jalons que j'avais plantés à l'arrière du bateau ont été enlevés un jour que le floe s'etait disloqué. N'ayant pas été prévenu, je n'ai pu opérer les mesures à temps, ni même faire observer que la perte éventuelle d'un bâton pourrait être justifiée par l'intérêt que présenterait la connaissance de la quantité de neige tombée. Il a donc fallu recommencer. C'est Dobrowolski qui a procédé aux mesures.

Voici les résultats obtenus au cours d'une première série d'observations :

Depuis le 21.VII jusqu'au 2.VIII		2.VIII au 12.VIII	12.VIII au 19.IX	21.VII au 19.IX
1er jalon	0	7 1/2 cm.	18 1/2 cm.	26 cm.
2e »	0	12 »	27 »	39 »
3e »	0	7 »	7 1/2 »	14 1/2 »
4e »	3 cm.	6 »	18 »	27 »
5e »	0	20 »	20 »	40 »
6e »	0	20 »	18 »	38 »
7e »	0	14 1/2 »	19 1/2 »	34 »
8e »	0	28 »	22 »	50 »
9e »	0	10 »	17 »	27 »
10e »	0	16 »	22 »	38 »
			Moyenne	= 33 cm.
Avec des variations de 14 à 50 cm.				

(1) Dans son mémoire « Sur les glaces de mer et la couverture de neige en 1899 et en 1900 à la baie de Treurenberg, Spitzberg », J. Westman rend compte des observations thermométriques faites dans la neige à des profondeurs de 50 centimètres, de 1 mètre, de 1m.50 et de 2 mètres.

Il les résume comme suit : « ....la variation d'environ 20° de la température de l'air entre le 17 décembre et le 16 janvier a causé une onde de température d'une amplitude de 8°.2, 2°.8, 2°.0 et 1°.1 aux quatre niveaux

Une deuxième série d'observations a donné les chiffres suivants :

	Depuis le 19 septembre jusqu'au					
	10.X	28.X	13.XI	18.XI	20.XI	
1er jalon	15 cm.	10 1/2 cm.	—3 1/2 cm.	+3 1/2 cm.	0	
2e »	21 1/2	22	?	?	?	
3e »	20	4	+13	—19	0	
4e »	25	12	+ 3	+14 1/2	—13	
5e »	8	8	— 1 1/2	+ 5	— 1	
6e »	6	15	— 1	0	+28	
7e »	10	6	— 1	— 2	+23	
8e »	25	23	?	?	?	
9e »	2	14	+ 9	+ 5	0	Depuis le 21 juillet jusqu'au 20 novembre
10e »	2	13	— 1	+ 6	0	
Moyenne	13 1/2	13	2	1 1/2	4	+33 = 67 cm.

Quoique les chiffres extrêmes de chacune des colonnes de ces tableaux diffèrent notablement entre eux, ces données me paraissent néanmoins satisfaisantes. Sans aucun doute il serait difficile d'obtenir des chiffres exacts en ne se servant que de dix jalons (1). Cependant, je crois que le chiffre de 67 centimètres qui représente la moyenne de l'ensemble des observations n'indique qu'un minimum possible de la quantité de neige tombée pendant les quatre mois d'août à novembre et que, pour l'année entière, la quantité de précipitations atmosphériques doit être évaluée à 2 mètres de neige parfaitement tassée.

Si nulle part la couche de neige reposant sur la glace de mer ne paraissait atteindre pareille épaisseur, même sur les vieux floes qui comptaient peut-être plusieurs années d'existence, il faut évidemment l'attribuer au fait que, d'une part, sous le poids de la neige accumulée, la glace s'enfonce jusqu'en dessous du niveau des eaux et qu'ainsi la neige se transforme à la

étudiés de la couverture de neige, et la phase de l'onde a subi un retard assez régulier vers le bas, bien que l'épaisseur de la couverture ait varié par suite de tempêtes et de chutes de neige. Aussi, le retard d'un maximum de la température de l'air le 5 avril ressort-il très nettement.

» Une importante quantité de chaleur peut pendant un mois d'hiver très froid traverser une couverture de neige de 2 mètres d'épaisseur quand le poids spécifique de la neige est relativement élevé. Dans le cas en question, le poids spécifique était égal à 0.4 en moyenne pour toute l'épaisseur de la couverture. La température moyenne de l'air de —22° de février a abaissé la température de la couverture de neige d'environ 6°.6, 4°.8, 2°.9 et 2°.8 aux niveaux où les mesures étaient prises, et la température moyenne de l'air de —27° en mars abaissa la température d'un degré encore aux niveaux inférieurs. » (WESTMAN, loc. cit., p. 57.)

(1) Les jalons étaient plantés tout autour du bateau, de façon à former un cercle d'environ 100 mètres de diamètre. Le 1er jalon se trouvait à 70 pas à l'avant, le 2d était à 50 pas devant tribord, le 3e à 30 pas à tribord, le 4e à 25 pas à l'arrière tribord, le 5e à 65 pas à l'arrière, le 6e à 50 pas à l'arrière bâbord, le 7e à 50 pas du bateau vers le milieu, le 8e à 70 pas du milieu de bâbord, le 9e et le 10e se trouvaient à 60 pas chacun à l'avant de bâbord.

base en glace compacte, et que, d'autre part, l'évaporation réduit très notablement l'épaisseur de la couche du névé pendant le cours de l'été.

Les chiffres précédents démontrent en effet qu'à partir du mois de novembre la quantité de neige qui s'évapore sous l'influence du rayonnement solaire équivaut déjà à la quantité de neige qui s'accumule. A partir du mois de décembre et jusqu'à la fin du mois de février, l'évaporation et la fusion n'ont cessé de réduire progressivement l'épaisseur de la couche du névé.

A la date du 9 janvier, j'ai inscrit à ce propos la note que voici :

« Depuis les dernières mesures de l'accroissement de l'épaisseur de la neige tombée, les quelques jalons délaissés — car je n'ai pu les enlever tous, quelques-uns restant incrustés dans la glace dure provenant de la neige — ont émergé de 50 centimètres environ. Depuis le commencement du mois de décembre, c'est donc à 50 centimètres qu'il faut évaluer l'épaisseur de la couche de neige et de névé disparue. C'est peu de chose; mais, si l'on considère que presque tout le temps la température de l'air s'est maintenue en dessous de 0°, qu'il a neigé et que la pluie n'a pas fait de ravages sérieux, il faut convenir que cette quantité de neige, disparue presque uniquement par suite d'évaporation, est plus grande qu'on ne se le serait imaginé à priori.

» La fusion de la glace ferait de grands progrès, n'était cette couche épaisse de névé qui réfléchit la plus grande partie de la chaleur reçue.

» Les petits objets sombres s'enfoncent rapidement ; ainsi, à l'endroit où se trouvait la baraque astronomique, il y a à présent, une flaque d'eau, alors qu'il y a trois ou quatre jours se distinguaient encore les vestiges du pilier de neige qui s'était formé sous la baraque, avant qu'elle ne vînt à culbuter.

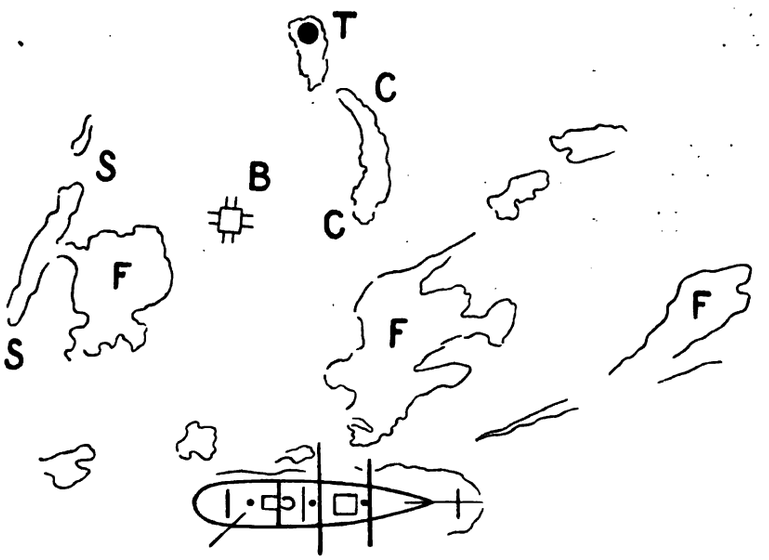
» A l'endroit d'un ancien essai d'explosion de tonite, où étaient restées une grande quantité de cendres finement éparpillées, l'eau perce à présent et une grande flaque va se former sur la glace de mer. En d'autres endroits la couche du névé est également percée, mais la glace bleue qui se trouve en dessous oppose une grande résistance, car c'est de la glace à grain glaciaire tout à fait caractéristique.

» C'est là un fait dont j'ai pu me convaincre en travaillant au creusement de la tranchée entreprise dans l'espoir d'arriver à dégager le bateau de sa gaine de glace. Ainsi hier j'ai pratiqué un sentier en enlevant à la pelle toute la couche de neige jusqu'à la surface de la glace dure. Aujourd'hui cette glace dure, exposée à l'air et au rayonnement, s'est tout à fait décomposée en grains de 1 centimètre cube en moyenne. Ces grains étaient emboîtés comme ceux de la glace des glaciers. Ainsi j'ai pu enlever de nouveau une couche de névé de 10 centimètres d'épaisseur, et le peu de glace bleue qui restait n'offrait pas grande résistance. La glace de mer, qui se trouve en dessous, contraste très fortement avec cette couche de glace produite par l'accumulation de la neige.

» Du reste, partout à la surface du champ de glace il n'y a plus que du névé humide et plus ou moins fin. Il y a à peine un mois, il n'en était pas de même. Cette nuit il a neigé un peu et cette neige, fraîchement déposée, contraste vivement de couleur avec le névé, qui est moins blanc. La tranchée nous a également montré que l'épaisseur de la glace bleue varie beaucoup suivant les endroits, tout comme l'épaisseur du névé superficiel. En outre, par places, elle plonge encore sous le niveau de l'eau, tandis qu'ailleurs c'est la glace de mer qui émerge un peu. »

A la date du 31 décembre, je notais ce qui suit :

« La baraque astronomique, que nous avons transportée à l'endroit désigné par la lettre B sur la figure ci-contre, se trouve de nouveau perchée sur un pilier de 50 ou 60 centimètres de haut et elle est sur le point de culbuter. J'ai examiné ce pilier. Le névé qui le compose est nettement stratifié et a l'apparence d'un grès feuilleté, pourri. Ces feuilles sont minces ; les plus dures sont de glace (avec bulles d'air), tandis que les feuilles qui s'effritent davantage montrent un grain de névé bien accentué. Elles sont au nombre de dix ou quinze.



» Le trou T servant aux sondages s'est élargi en une flaque d'eau. Une flaque CC marque le chemin par lequel nous allions généralement vers le puit de sondages. Un autre sentier s'est également transformé en une flaque d'eau oblongue SS.

» Les flaques F forment de petits étangs plus profonds ; elles ont été occasionnées par divers détritus, cadavres de phoques, etc. (voir pl. IV).

» Là où existent des flaques d'eau, la glace bleue est percée et c'est la glace de mer qui se trouve exposée tous les jours à l'influence du rayonnement solaire, tandis que l'eau qui s'échauffe ronge de toutes parts les bords. Cette eau sale s'échauffe effectivement un peu. Par suite de l'évaporation et par le fait de l'écoulement des eaux de fusion, la glace se décharge donc à présent ; aussi se soulève-t-elle peu à peu. Autour du bateau, la couche de glace bleue est déjà tout entière au-dessus du niveau de l'eau. Mais les abords du bateau deviennent infects, car tous les objets qui se trouvaient depuis longtemps enfouis dans la neige, réapparaissent. »

Glace bleue et formation du névé.

Il ressort des observations précédentes que la glace de mer des régions antarctiques est surchargée de neige. Elle l'est au point que cette neige accumulée force la glace à descendre, de telle sorte que la ligne de flottaison empiète graduellement sur la couche de neige aussi lontemps que celle-ci augmente d'épaisseur. Dans la région de notre hivernage, c'est vers la fin d'octobre que la dépression atteint son maximum. A partir du mois de novembre et jusque vers le commencement du mois de mars, la glace se décharge partiellement par l'effet de l'évaporation et de la fusion.

Des observations directes me permettent d'ailleurs d'affirmer que, même dans un champ de glace continu et très étendu, les endroits plus particulièrement surchargés se maintiennent toujours dans un équilibre isostatique. Ainsi, à la date du 2 février 1899, j'ai pu noter que l'ensemble de la glace des environs immédiats de la Belgica s'est élevé en quelques jours de

50 centimètres environ, évidemment sous l'effet de la décharge due à l'évaporation de la neige. Les flaques d'eau montraient en effet, sur leur pourtour, d'anciennes lignes de niveau d'eau, tandis qu'un fossé creusé jusque dans l'eau, à l'avant du bateau, était à sec. D'autre part, il est certain que l'énorme accumulation de neige qui s'était formée autour de la BELGICA par l'effet des chasse-neige, déprimait la glace en ce point plus fortement qu'ailleurs. Ainsi, une baraque construite pour certains besoins à quelques mètres de la coque du bateau, dans la période précédent la nuit polaire, est venue à disparaître complètement sous la neige, si bien que lorsqu'on l'a retrouvée plus tard, sa portion inférieure se trouvait bien en dessous du niveau des eaux, la descente (par rapport à ce niveau) pouvant être évaluée à $1^m.50$.

En novembre, à la suite d'un fort chasse-neige, la BELGICA fut en quelque sorte ensevelie, et cette surcharge ayant entraîné le bateau dans son mouvement de descente, il fallut le déblayer. On creusa donc autour de la BELGICA un fossé aussi profond que possible et aussitôt que le bateau fut dégagé, il se releva de la gaine de glace dans laquelle il se trouvait enserré.

Mais c'est partout que la glace de mer est déprimée jusqu'au-dessous de son niveau de flottaison primitif, c'est partout que le poids de la neige dépasse la mesure que la glace pourrait supporter. Aussi, forcément, la neige vient-elle à être submergée et c'est cette neige submergée qui se transforme en glace bleue, compacte, dure et dépourvue de bulles d'air (1). Comme je l'ai déjà fait observer, cette glace diffère essentiellement de la glace de mer par le fait qu'elle est formée de grains. Le croquis ci-contre représente les grains que j'ai pu observer dans un bloc de glace bleue que j'avais exposé à l'air et au rayonnement solaire diffus, par une température voisine de 0°. Lorsque le rayonnement solaire est intense, la décomposition s'opère assez vite, la glace se transformant alors en un véritable névé à gros grains.

La question qui se pose donc tout naturellement est celle de savoir comment se forment les grains glaciaires de la glace bleue.

Je n'ai que peu d'observations pouvant me guider dans la détermination du rôle que joue l'eau dans la formation des grains.

Il y a lieu de prendre en considération l'eau provenant de la fusion de la neige superficielle et l'eau de mer venant s'infilter à la base, soit à travers la glace de mer, soit latéralement.

La neige fond évidemment à la surface toutes les fois que la température de l'air est

(1) La coloration n'est évidemment pas aussi intense que celle des bandes bleues des glaciers alpestres, elle dépend d'ailleurs de l'éclairage, mais elle s'aperçoit toujours.

supérieure à 0°, ce qui peut arriver même en hiver, mais elle fond aussi à des températures inférieures à 0° dès que le rayonnement solaire est intense. Je reviendrai ultérieurement sur ce point ; pour le moment il suffit de noter qu'il y a formation d'eau de fusion et que pendant les mois d'été, et jusqu'en mars bien certainement, il se forme fréquemment une couche aquifère entre le névé et la glace sur laquelle il repose.

D'autre part, il est certain que plus tard dans l'année, en hiver, et tant que le processus d'accumulation de la neige persiste, l'eau de mer pourra s'infiltrer dans le névé submergé. Si même la glace de mer, ainsi que la glace bleue déjà formée en dessous, ne laissent pas passer l'eau, l'eau de mer pourra quand même s'introduire dans le névé latéralement, partout où il y a des fentes ou des voies d'eau.

En septembre et octobre je n'ai jamais remarqué de glace bleue au-dessus de la ligne de flottaison des floes ; en été, au contraire, la glace bleue émerge presque partout.

Ceci fait supposer que si l'eau de fusion de la neige commence le processus de la formation de la glace bleue, en mars et avril, l'eau de mer d'infiltration le continue pendant les mois suivants. D'autre part, dans les fragments de glace bleue exposés à l'air et au rayonnement solaire, et se décomposant en grains, j'ai toujours vu que les grains les plus gros se trouvaient à la base. En outre, lors du creusement des tranchées, j'ai pu remarquer que la démarcation entre le névé et la glace bleue sous-jacente était bien nette, mais un jour ou deux plus tard, lorsque le soleil avait décomposé en grains la couche superficielle de cette glace exposée à l'air, les grains de glace qu'on pouvait enlever alors à la bèche ne différaient pas sensiblement de ceux du névé se trouvant immédiatement au-dessus.

La glace bleue me paraît donc essentiellement formée de névé consolidé, névé dans lequel les grains ont pu se développer davantage et grossir par le fait de l'apport d'eau qui a comblé tous les interstices.

De ces remarques il résulte que la question du mode de formation de la glace bleue se rattache intimement à celle du mode de formation du névé.

A ce propos il y a lieu de faire observer que la neige qui tombe dans la région de notre dérive est le plus souvent pulvérulente. Les flocons de neige composés d'une association d'un grand nombre de cristaux ne s'observent que rarement, tandis que l'on rencontre fréquemment des cristaux partiellement ou complètement couverts de givre, ainsi que des granules de grésil qui atteignent parfois des dimensions considérables.

Ces diverses sortes de précipitations cristallines sont absolument prépondérantes, car la pluie proprement dite ne s'observe que très exceptionnellement et la bruine aqueuse est assez rare.

La formation du névé ne peut donc pas être due à la pluie et à la bruine. Tout en favorisant l'agglutination des cristaux de neige, les précipitations aqueuses, quand elles se produisent, ne peuvent jouer qu'un rôle très secondaire.

Aussi, je crois que c'est surtout au rayonnement solaire qu'est due la formation du névé qui s'observe sur les champs de glace des mers antarctiques.

On se rend difficilement compte de l'intensité du rayonnement solaire sur la banquise. En couchant les actinomètres Arago sur la neige, j'ai observé à la date du 12 mars 1898, à 11^h, les chiffres +48°.2 pour le thermomètre couvert de noir de fumée et +38°.0 pour celui à boule brillante, tandis que les thermomètres placés dans l'abri météorologique marquaient au même moment —13°.8.

Sous l'équateur, à la date du 6 octobre 1897, à 14^h, je n'avais noté que $+52^o.3$ et $+44^o.1$, la température de l'air étant de $29^o.3$.

Plus tard, à la date du 3 avril, également à 11^h du matin, les actinomètres placés au soleil, sur la neige, ne donnaient plus que $+23^o.8$ et $+9^o.2$, la température de l'air étant à ce moment de -22° et le soleil ne s'élevant plus autant au-dessus de l'horizon.

Ce jour-là, la neige était pulvérulente à la surface et parfaitement sèche. Le rayonnement solaire n'était donc plus suffisamment intense pour transformer la neige en névé à cette température de -22°. Pour chaque degré de température de l'air il doit exister un rayonnement minimum nécessaire pour que la neige puisse encore se transformer en névé, et il y a évidemment une température limite, température en dessous de laquelle la neige ne peut être transformée en névé.

Quoi qu'il en soit, il est intéressant de noter que par des températures voisines de -10° la neige n'est pas sèche lorsque le rayonnement solaire est intense ; j'ai pu noter ce fait à maintes reprises et, par des expériences bien simples [1], j'ai pu d'ailleurs m'assurer que la neige fond réellement, la température de l'air étant de -4° à -7°. Du reste, les observations relatées plus haut démontrent qu'à 10 centimètres de profondeur dans la neige, la température est plus élevée que celle de l'air pendant les heures voisines de midi ou de préférence l'après-midi, tandis qu'elle est plus basse la nuit ainsi que le matin.

Ainsi donc, dans ces conditions, de pulvérulente qu'elle était la neige se transforme rapidement en petits grains ayant de $0^{mm},5$ à 1 millimètre de diamètre. Ces granules s'assemblent, s'accolent et grandissent avec le temps.

Pourtant, il semble que le processus de la fusion avec recristallisation immédiate n'est pas indispensable. Les cristallites et les cristaux de neige peuvent également disparaître par volatilisation. Mais, dans ces conditions, ce ne sont plus des granules de glace qui se forment, mais bien des cristaux de plus grandes dimensions.

Ainsi, à la date du 8 mars 1898, j'ai noté qu'il y avait en certains endroits de la surface du champ de neige, et plus spécialement à proximité des crevasses où séjournait de l'eau, de véritables trémies atteignant jusqu'à 1 centimètre et davantage. Ces trémies étaient hexagonales, mais le plus souvent trois faces triangulaires, formant la moitié de la trémie, étaient seules développées. Il s'agit là de formes analogues à celles du givre. Il me paraît certain que dans le cas de recristallisations de ce genre, les trémies formées ne peuvent que grandir lorsqu'elles viennent à être ensevelies sous de nouveaux apports de neige. Et elles ne grandissent pas sous la forme de trémies, cela est évident. Mais l'orientation étant donnée, le creux se comblera de telle sorte que finalement il y aura formation d'un cristal de grandes dimensions.

On ne se rend pas bien compte de l'importance des changements dans les états d'agrégation moléculaire qui s'opèrent constamment à la surface des champs de glace couverts de neige et au sein même de ces couches de neige.

Si nous conservons dans une fiole fermée une poudre de cristaux d'une substance volatile, et que nous la soumettions à des changements de température, nous observerons que de pulvérulent qu'il était, le contenu du flacon se modifie avec le temps, de telle sorte que finalement nous constaterons des enchevêtrements de cristaux. Il en sera de même des cristaux d'un sel abandonné à des changements lents de température dans un dissolvant, dans de l'eau par

(1) H. Arctowski, *loc. cit.*, pp. 83, 84.

exemple. Là aussi nous verrons apparaître avec le temps de beaux cristaux qui ne cesseront de grandir aux dépens d'autres cristaux plus petits.

Je ne pense pas que ces faits puissent être expliqués aisément ; ils n'en existent pas moins dans la nature de même que dans les laboratoires, et il me paraît certain que la formation du névé des champs de glace des mers antarctiques rentre exactement dans le même ordre de faits d'observation.

L'intense rayonnement solaire, les changements constants de la température qui se produisent dans les couches superficielles de la neige ainsi que dans l'air, l'eau enfin, tels sont les agents qui travaillent sans cesse à la transformation de la neige en névé.

D'ailleurs, les transformations que subit la surface de la neige sont multiples. Ainsi les précipitations de givre et de verglas ne doivent pas être négligées, car, du moins dans la région de notre hivernage et pendant les mois de la nuit polaire notamment, elles atteignent parfois une importance très grande. La photographie ci-contre montre l'aspect de la BELGICA telle qu'elle se présentait peu après le retour du soleil. Malgré le vent, les cordages de la mâture s'étaient recouverts d'épaisses croûtes superposées de givre et de verglas [1]. Les jalons servant à mesurer l'accroissement de la neige tombée étaient également transformés en vrais poteaux de glace, une gaine très solide, de 8 à 12 centimètres d'épaisseur, les ayant recouverts. Sur les hummocks, j'ai pu observer bien des fois la formation de givre, et fréquemment la surface de la neige se recouvrait de pellicules de glace mamelonnées. Chaque dépôt de ce genre a dû produire une démarcation nette dans la stratification de la neige.

D'autre part, quand la température est basse, la neige n'est jamais molle. Généralement, lorsque la température était inférieure à —15°, on pouvait marcher sur la neige sans patins ni raquettes, sans s'y enfoncer d'une façon pouvant gêner la marche.

Par —20° la neige ne peut plus être enlevée à la pelle. Il faut alors la scier ou la couper au couteau et on peut en faire des briquettes qui cassent mais ne s'émiettent pas aisément.

(1) Ce n'est qu'à partir du 18 septembre que, à la suite d'un dégel, ces blocs de glace se sont détachés.

Ces faits sont bien connus : les Esquimaux bâtissent leurs *iglos* au moyen de blocs taillés dans la neige.

Sur cette neige ainsi gelée et durcie, le vent n'a pour ainsi dire pas d'action ; il ne la soulève guère tant que la température reste basse, mais il la modifie très sensiblement à la surface. Tantôt il la polit et lui donne un aspect lustré très particulier, tantôt il en détache de petites écailles, de sorte que la surface devient rugueuse comme une râpe. Souvent la neige chassée est granuleuse comme du sable.

Il découle de ces diverses remarques qu'en dehors même du fait que la neige qui tombe n'est pas toujours pareille, d'autres facteurs contribuent à ce que l'épais manteau de neige qui recouvre les champs de glace soit composé d'une série de stratifications. Or, il semble qu'on retrouve les traces de ces stratifications dans la glace bleue elle-même, lorsqu'elle se décompose en grains.

Les effets du vent.

Lorsque, la température étant basse, la neige fraîchement tombée est parfaitement sèche, le moindre vent la met en mouvement. Elle se déplace simplement à la surface tant que le vent est faible, mais aussitôt que la brise fraîchit, la poussière de neige, le névé, voire de petits fragments de glace se trouvent soulevés jusqu'à une hauteur plus ou moins grande, suivant l'intensité du vent (1).

Parfois donc le chasse-neige est limité aux couches inférieures de l'air ; d'autres fois, au contraire, on se trouve englobé dans une atmosphère à tel point obscurcie par la poussière de neige qu'on ne peut distinguer les objets qu'à la distance de quelques pas.

Aussi, par les chasse-neige intenses, nous était-il impossible de sortir.

Tant que les cordages de la Belgica ne furent pas complètement recouverts de givre et de verglas, je montai parfois dans le nid de corbeau pour procéder à des observations météorologiques de comparaison. A la date du 4 avril, au cours de l'un des premiers chasse-neige que nous avons notés, je pus m'assurer qu'au sommet du grand mât l'atmosphère était aussi chargée de poussière glacée que sur le pont du bateau. Il ne neigeait pas, car le soleil était vaguement visible par moments, de sorte que suivant toute apparence le ciel était découvert ; l'on n'en était pas moins comme plongé dans un brouillard, on ne voyait pas devant soi.

La quantité de neige ainsi soulevée est considérable, et les changements d'aspect que les champs de glace subissent par suite du déplacement des dépôts de neige et des apports de nouvelle neige chassée par le vent, sont vraiment notables. Pour s'en rendre compte, il suffit de jeter un coup d'œil sur les photographies de la planche III.

La Belgica formant obstacle au vent, l'apport de neige aux environs du bateau était

(1) La quantité de neige soulevée et chassée, pour une même intensité du vent et pour une même température, dépend essentiellement des conditions de la neige à la surface du champ de glace.

Ces conditions varient beaucoup, non seulement avec le cours des saisons, mais aussi d'un jour à l'autre, en raison de la multitude de facteurs qui influencent la structure et la cohésion des surfaces de neige.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que par temps de chasse-neige il est fort difficile de se rendre compte si à la neige chassée se mêle également de la neige qui tombe. Parfois cependant, lorsque le chasse-neige n'est pas très intense, l'examen à la loupe permet de constater qu'il est accompagné d'une précipitation de neige nouvelle.

considérable. C'est lorsque le chasse-neige est nourri par de la neige fraîchement tombée ou lorsqu'il accompagne une chute de neige que ses effets sont le plus marqués. Le cas s'est produit en octobre et en novembre : à deux reprises, notre bateau fut littéralement enseveli. Il suffit de comparer les photographies des planches I et IV pour s'en rendre compte.

Les icebergs emprisonnés dans les glaces forment des obstacles plus importants, et les effets des chasse-neige y sont beaucoup plus marqués. Sur leur pourtour se forment en effet d'énormes talus de neige. Le dessin ci-dessous représentant un grand iceberg tabulaire que nous

pouvions apercevoir souvent à l'horizon, nous montre ces talus qui, malgré le grand éloignement, se distinguaient très bien à l'aide de la longue-vue.

Un petit iceberg qui nous a constamment accompagnés dans notre dérive était également environné de talus. La photographie de cet iceberg se trouve planche XVI de mon mémoire sur les glaciers.

A la surface des champs de glace, c'est surtout dans les régions des hummocks que les effets du vent sont intéressants à étudier. Les planches annexées à ce mémoire ne reproduisent que quelques-unes des nombreuses photographies que j'ai prises pour montrer les aspects des accumulations de la neige chassée. Il y aurait là toute une étude à faire.

Divers auteurs se sont occupés récemment des dunes de neige. Qu'il me suffise de citer les intéressantes observations que VAUGHAN CORNISH (1) est allé faire dans le Canada, en 1901, et celles recueillies par AXEL HAMBERG (2), en 1902, en Laponie.

Je n'ai pris à ce propos que fort peu de notes, et comme il me serait difficile de décrire de mémoire les nombreuses particularités que j'ai pu observer et en vue de la description desquelles j'avais pris des photographies, je me contenterai de reproduire les quelques passages ci-après qui figurent dans mon journal de bord, à la date du 8 octobre 1898 ; ils se rapportent aux effets du chasse-neige du 6 et du 7.

« Les transformations à la surface du champ de glace sont réellement notables. La neige a été fortement balayée et la tendance générale a été de niveler les inégalités existantes ; mais, bien loin d'y arriver, l'action des chasse-neige ne peut qu'accentuer les inégalités, tout en rendant l'ensemble du relief moins rugueux. Ainsi, les dépressions entre les alignements de hummocks ne se comblent pas, mais comme la neige ne cesse d'ensevelir progressivement les hummocks, le relief final — si cette action pouvait se poursuivre — se présenterait sous la forme de grandes ondulations.

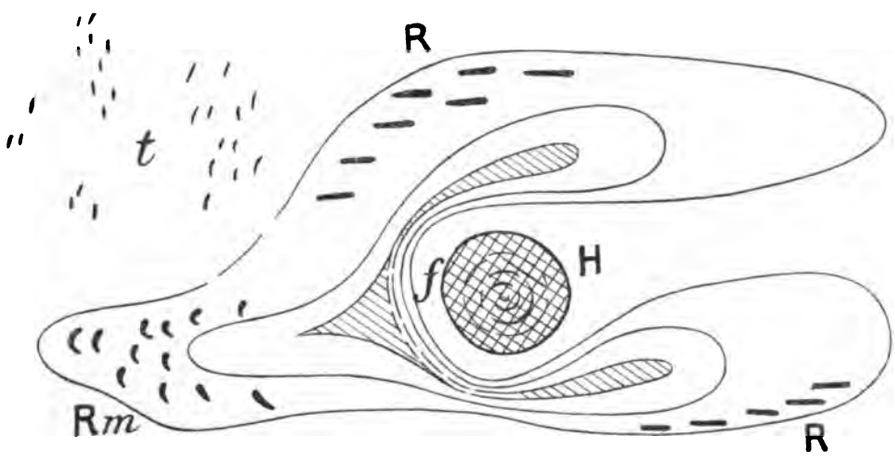
» La surface de la neige présente en maints endroits un aspect écailleux tout particulier (voir fig. 4, pl. II). Ces échancrures ou *ripple-marks* (si cette dénomination peut être admise pour des formes produites par le vent et n'ayant pas l'aspect de rides oblongues transversales

(1) *Geographical Journal*, XX (1902), p. 137.
(2) *Die Eigenschaften der Schneedecke in den Lappländischen Gebirgen*, Stockholm, 1907, p. 12.

à la direction du vent) sont fort bien développées surtout à l'avant des hummocks. Le vent creuse les dépôts de neige chassée qui se forment et dépose en même temps au delà du creux, de telle sorte que les feuillets des apports successifs de neige deviennent bien apparents. L'escalier se trouve du côté d'où vient le vent. Ces *ripple-marks* diffèrent de forme et d'importance suivant les endroits. Il semble bien que le vent n'a pas entamé la vieille neige sur laquelle s'est déposée la neige apportée par le chasse-neige qui seule est affectée de *ripple-marks* bien développées.

» Sur le dos des hummocks, la surface est parfaitement lisse et comme recouverte de verglas sur une épaisseur de 5 millimètres environ. Le bas des flancs latéraux des petits hummocks est tout spécialement affecté de cette vitrification produite par le frottement de la neige chassée.

» C'est la première fois que je remarque à la surface de la neige des *rascles* allongées rappelant le *lapiez* ou *Karren* des régions calcaires. Là où il n'y a pas de hummocks, elles remplacent généralement les *sastrugi* ou dunes longitudinales très aplaties. Les *rascles* sont toujours longitudinales (marquant la direction du vent qui les a produites) et sont formées exclusivement de neige d'apport. La longueur des bandes de *rascles* est de 5 à 15 mètres ; elles sont le plus souvent étroites et leur hauteur dépasse rarement 50 centimètres. Les ornières sont profondes, à fond arrondi, et les arêtes des *rascles* sont tranchantes. Presque tous les *sastrugi*, ou *Windwähen* des Allemands, se composent aujourd'hui principalement de ces creux et arêtes. Par places, il y a des *rascles* tout à fait isolées, — ailleurs on rencontre des *sastrugi*, non entamées, garnies de *rascles* sur l'un des bords latéraux.



» La figure ci-contre représente la topographie d'un hummock suffisamment élevé et isolé.

» Un creux, formant un petit fossé (*f*), se trouve du côté d'où venait le vent, ainsi que de part et d'autre, tout contre le hummock (*H*) ; ce fossé est évidemment dû au tourbillon que l'obstacle faisait exécuter au vent. Devant le hummock il y a une accumulation de neige qui monte en pente douce, sans crête bien apparente ; puis, cette neige fraîchement accumulée se prolonge de part et d'autre, tout en s'étalant au delà du hummock. Les *rascles* (*R*, *R*) se trouvent sur les côtés externes de ces *sastrugi* latéraux. Les *ripple-marks* (*Rm*), beaucoup moins profondes que les *rascles*, sont sur le devant.

» Là où il n'y a pas eu d'apport de nouvelle neige, la surface de la neige est toute râpée par places *(t)*. La croûte superficielle a été rongée, des éclats transversaux ont été enlevés par le vent, de telle sorte que la surface est devenue rugueuse. Dans les rascles de même que dans les *ripple-marks*, la structure de la neige est écailleuse. Les écailles ou superpositions de couches successives, présentent la tranche du côté d'où venait le vent, de façon à former un petit escalier. »

Champs de glace et icebergs

Sauf au commencement de ce rapport, où il a été question de l'action de la houle océanique sur la fragmentation des plaques de glace de mer, je n'ai eu à m'occuper dans les paragraphes précédents que de particularités se rattachant principalement, sinon exclusivement, à des phénomènes purement statiques. Mais l'étude des transformations de la croûte glacée de l'océan comporte avant tout l'examen des modifications dues à des phénomènes d'ordre dynamique.

La banquise se déplace en effet, et, au cours de sa dérive, les champs de glace subissent de continuels changements dans leur aspect.

La carte de la dérive de la BELGICA sera discutée par M. LECOINTE. Je puis par conséquent considérer ses données comme étant connues et admettre que la portée de la carte de notre dérive est bien comprise. D'ailleurs, M. LECOINTE développera également des considérations au sujet de l'influence des vents sur la direction et sur la vitesse des déplacements du champ de glace dans lequel la BELGICA se trouvait emprisonnée, de sorte que je puis me borner à montrer comment il se fait que la dérive est possible et quelles sont les modifications qui s'opèrent dans les glaces en mouvement.

Les modifications que j'ai en vue sont dues aux pressions ; je les décrirai sommairement dans le dernier paragraphe de ce rapport. Quant à la possibilité même de la dérive des glaces, elle doit évidemment être cherchée dans la formation des voies d'eau ; j'insisterai sur ce point dans le paragraphe suivant.

Une mer fermée de toutes parts pourrait geler à la façon d'un lac; mais pour peu qu'il y ait une issue, certains vents auront une tendance à chasser les glaces au dehors, et si la mer communique largement avec l'océan libre de glace — comme c'était le cas dans la région de notre hivernage — la croûte glacée sera inévitablement sans cesse disloquée et toujours ou pour ainsi dire toujours en mouvement.

Ainsi, dans le cas de la région qui nous intéresse, les vents d'E., de SE., du S., et même ceux venant du SW., devaient forcément arracher des lambeaux de pack de la lisière des glaces, et à partir de la limite de l'extension des glaces vers le N., et de proche en proche, par suite de la détente et de la poussée produite par le vent, de nouveaux paquets de plaques de glace devaient se mettre en mouvement.

Pendant les mois d'hiver et jusqu'en octobre et novembre, nous devions nous trouver à une distance très notable de la lisière de la banquise, et cependant, toutes les fois que les vents nous poussaient avec quelque persistance vers l'océan, des voies d'eau se formaient et la banquise se résolvait en champs de glace plus ou moins serrés les uns contre les autres.

Ces champs de glace étaient de dimensions variables. Notre expérience est évidemment insuffisante pour qu'il soit possible d'en déduire avec certitude que les dimensions des champs de glace varient avec la saison et avec l'éloignement de la lisière de la banquise, comme c'est le cas des plaques de glace que l'on rencontre au voisinage de la mer libre ; mais, quoi qu'il en soit, c'est bien le champ de glace qui est l'unité de la dérive.

Je ne saurais retracer d'une façon quelque peu exacte l'histoire du champ de glace dans lequel nous sommes restés emprisonnés ; je dois forcément m'en tenir aux généralités, et cela parce que, d'une part,pendant les mois de la nuit polaire les observations font complètement ou

pour ainsi dire complètement défaut, et que, d'autre part, même pendant les mois les plus favorables, nous ne nous sommes pas attachés à relever en détail toutes les transformations que notre champ de glace subissait.

Mes observations me conduisent à la conclusion que l'accroissement des dimensions des champs de glace tend vers une limite, qu'au cours de la dérive plusieurs champs contigus restent fréquemment accolés et se déplacent sans se séparer, et que, lorsqu'il se produit une détente, les voies d'eau se forment de préférence suivant d'anciennes lignes de rupture.

Sauf dans les régions des hummocks, — qui marquent les séparations naturelles entre les champs de glace, — l'aspect de la mer glacée est celui d'une plaine neigeuse parfaitement unie, à part quelques aspérités isolées. Cet aspect varie du reste avec la saison. Il est le plus caractéristique pendant les mois de septembre et d'octobre : la couche de neige qui recouvre la glace atteint alors sa plus grande épaisseur et, la température étant basse, cette neige est gelée et durcie, les nouveaux apports étant d'ailleurs aisément chassés par le vent.

La photographie 4 de la planche I et la photographie 3 de la planche III montrent suffisamment bien l'aspect uniforme du champ de glace dans lequel nous nous trouvions emprisonnés pour qu'il soit inutile d'en donner une description. D'autres champs de glace étaient plus uniformes encore. L'un de ceux à côté desquels nous passâmes le 16 février 1899, lorsque, après avoir quitté celui de notre hivernage, nous nous avancions vers le N., était presque complètement dépourvu d'anciens hummocks ; il constituait une vaste plaque de glace de plusieurs kilomètres de diamètre et qui, dans son ensemble, paraissait avoir résisté aux pressions.

On se demande quel est le mode de formation de ces grandes unités de la glace de mer en dérive.

Lorsque, en février 1898, nous pénétrâmes dans les glaces jusqu'à l'endroit où nous devions hiverner, nous n'avions devant nous que des floes dont les dimensions n'atteignaient que rarement 100 mètres de diamètre.

Les photographies 1 et 2 de la planche IV montrent que ces plaques de glace n'étaient pas serrées les unes contre les autres. Mais bientôt de la jeune glace se forma dans les espaces libres et les interstices. Puis, des pressions s'établirent et des hummocks se formèrent par-ci par-là. Il s'en constitua à proximité du bateau, sous nos yeux. La photographie de l'un d'eux se trouve reproduite sur la planche II, figure 4.

Ces hummocks produits par la compression des plaques de glace étaient généralement isolés et, avec les progrès de l'enneigement et sous l'action du vent niveleur, les traces d'un grand nombre d'entre eux disparurent complètement ; les plus grands seulement restèrent bien apparents et, plus avant dans la saison, ils avaient l'air de grands blocs erratiques dispersés sur la plaine, tandis que les petits ainsi que les alignements d'anciennes pressions ne formaient plus que des dénivellations peu marquées.

Le champ de glace formé de la sorte, par la soudure et la compression des plaques, n'acquit un certain état de stabilité qu'avec le temps. Ce n'est qu'après la nuit polaire et les grands froids des mois d'août et de septembre que nous pûmes, à bord de la BELGICA, l'appeler avec raison « notre grand floe ».

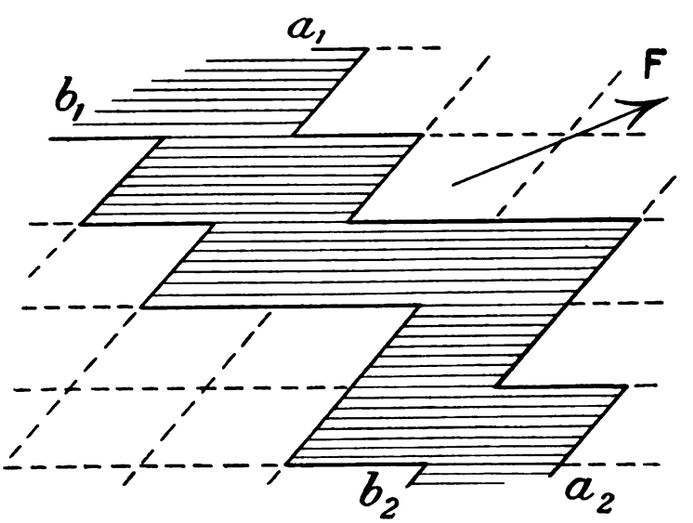
Ce champ de glace était alors parfaitement délimité des champs de glace voisins par des bandes très accidentées que nous dénommions « les régions des hummocks ». C'est dans ces régions ou le long des alignements de hummocks, que les voies d'eau se formaient toutes les

fois qu'il se produisait une détente dans les glaces, c'est là aussi que s'exerçait tout l'effort des pressions lorsque la banquise était en pleine dérive et que la poussée des vents comprimait les glaces.

La dérive produite par la poussée du vent me semble une raison insuffisante pour expliquer la persistance des cassures entre les champs de glace. Je crois que, de même que près de la lisière du pack, la houle océanique empêche les plaques de glace de se souder, de même aussi plus loin, là où la houle est déjà complètement atténuée, les ondes de la marée, ainsi que les courants de marée, travaillent au maintien des fractures.

Un fait curieux que nous avons pu observer — et qui est très probablement particulier à la région qui nous intéresse — est que les champs de glace gardent pendant la dérive une constance d'orientation vraiment remarquable. Il semblerait à première vue que les champs de glace, de même que les floes, devraient pivoter en se déplaçant ; or, il n'en est rien. Souvent ils glissent l'un par rapport à l'autre, de façon à changer respectivement de direction, mais dans l'ensemble ils conservent la même orientation.

Ce fait ne peut être expliqué, à mon avis, qu'en admettant que dans la banquise en dérive il se forme des associations des unités, de différents ordres de grandeur. En d'autres termes, je pense que le champ de glace n'est qu'un élément pouvant s'accoupler ou se découpler et qu'il fait toujours partie de combinaisons comprenant un certain nombre ou même un grand nombre de ces éléments.



Supposons, pour plus de simplicité, que la banquise se compose d'une série de losanges juxtaposés. Dans ce cas, la dérive se faisant suivant la direction de la flèche F, les champs de glace se sépareront suivant a_1 a_2, b_1 b_2, de telle sorte que de part et d'autre de la voie d'eau nous aurons des ensembles de champs de glace dans lesquels rien ou pour ainsi dire rien n'aura été changé.

Avec la variation de la direction du vent, et par suite de la dérive, d'autres combinaisons de losanges se produiront.

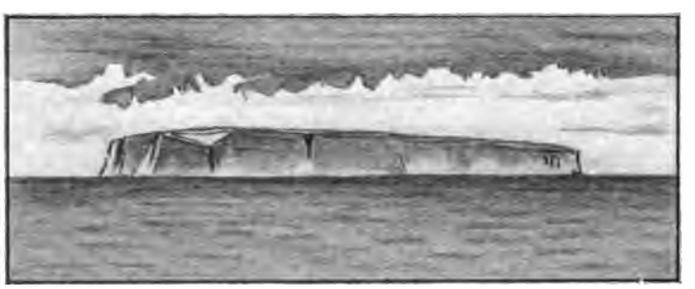
C'est la formation et l'orientation des grandes voies d'eau, qui apparaissent toujours quand les glaces dérivent, qui me font penser que cette manière de comprendre les choses est parfaitement justifiée.

A ces considérations je désire ajouter quelques mots au sujet du rôle des icebergs.

Fait curieux au large de la Terre Alexandre Ier, et plus loin vers l'W., les icebergs abondaient : le 18 février 1898, M. Lecointe en a compté 147 sur le pourtour de l'horizon, et le 21 février, M. Amundsen en a compté 320 ; tandis que, plus au S., et dans la banquise même, il n'y en avait que peu ; ainsi, pendant notre hivernage, ce n'est qu'exceptionnellement que nous pouvions en apercevoir une dizaine ou un peu davantage (sauf bien entendu, les jours de mirage). Mais dès le 16 février 1899, j'ai pu en compter une cinquantaine. Après avoir quitté

le champ de glace de notre hivernage et nous être rapprochés de la lisière de la banquise, en allant vers le N., les icebergs devenaient en effet plus nombreux que dans le S., et finalement, c'est un archipel, une longue traînée d'icebergs que nous avions devant nous.

Les dessins ci-dessous représentent grossièrement les formes de trois icebergs à côté desquels nous passâmes le 16. Ces dessins montrent que si ces icebergs avaient été englobés dans des champs de glace pendant l'hiver, de manière à faire corps avec la glace de mer, ils étaient certainement indépendants de la glace environnante à la date où je les observai.



De plus, l'un d'eux présente une cavité qui n'a évidemment pu se former que dans la mer libre de glace. Il faut donc admettre que si ces icebergs ne provenaient pas du large, ils avaient du moins séjourné précédemment en dehors du pack.

Mais, sans nous avancer davantage hors des glaces, et peu à peu, nous pûmes nous rendre compte qu'au N. de notre position, un alignement, une véritable chaîne de montagnes de glace, s'étendait à perte de vue suivant la direction E. et suivant la direction W.

Pendant près d'un mois, du 17 février jusqu'au 13 mars 1899, les glaces demeurèrent tellement serrées que nous ne pûmes avancer. Et pendant tout ce temps, nous constatâmes que la dérive de l'alignement d'icebergs n'était pas la même que celle du pack.

Notre dérive nous menait vers l'W. : ainsi le 19 février nous étions par 94° de longitude W., et le 13 mars nous avions gagné le 102e degré, tandis que les icebergs défilaient devant nous vers l'E.

De plus, l'alignement d'icebergs se rapprochait progressivement de nous. Il faut conclure de là que ces grands blocs de glace, qui plongent profondément dans l'eau, étaient en quelque sorte ancrés, à l'abri des courants de surface, et fixés assez solidement pour n'être entraînés ni

par la pression des glaces en dérive ni par la poussée du vent [1]. Alors même que les floes étaient bien serrés, comme le montre la photographie ci-dessous les icebergs pouvaient encore se frayer un chemin à travers les glaces. Du reste, puisque ces icebergs se rapprochaient de nous, l'hypothèse la plus vraisemblable consiste à admettre l'existence, en cette région du moins, d'un courant profond allant du N. vers le S.

Au point de vue de l'économie du pack, il est intéressant de noter que cette barrière d'icebergs doit empêcher les glaces de dériver librement vers le N., et, sous ce rapport, elle joue un certain rôle protecteur de la banquise. D'ailleurs, de la sorte, ce n'est que par lambeaux, et seulement au delà des icebergs, que le pack devient la proie des vagues.

Les voies d'eau.

Divers explorateurs arctiques ont remarqué qu'à la suite de changements brusques de température — et notamment lorsqu'un temps très froid succède à quelques journées relativement chaudes — des crevasses peuvent se former dans la banquise par l'effet de la contraction de la glace de mer.

Aucune observation ne me permet de présumer que les choses se passent de même dans les régions antarctiques. Je suis même porté à croire que l'épais manteau de neige qui recouvre généralement la glace de mer de la région de notre dérive, protège les plaques de glace d'une façon suffisamment efficace pour que la formation des fentes ne puisse être attribuée à des changements subits de la température de l'air que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles.

La formation de ces solutions de continuité qui se produisent dans la croûte glacée de l'océan, est due principalement à la dérive causée par le vent ou aux pressions qui l'accompagnent, mais elle peut être également occasionnée par des courants, par la marée, par la houle et enfin peut-être aussi, dans des cas fort rares, par des secousses sismiques.

(1) Le grand iceberg tabulaire, qui a subi la même dérive que la BELGICA, ne s'est pas échoué par 390 mètres de profondeur, celle de notre sondage le moins profond ; il est donc impossible que ceux dont il s'agit ici fussent échoués. Les profondeurs mesurées du 10 février au 13 mars ont varié en effet entre 425 et 1740 mètres

Dans la région de la dérive de la BELGICA, tant que les plaques de glace restèrent imparfaitement soudées entre elles, — donc jusqu'à la fin de mai tout au moins, ainsi que pendant les mois d'été, — des chenaux pouvaient se former par suite d'une détente générale. Dans ce cas, les plaques se séparaient simplement, les chenaux s'établissaient partout où il y avait des ruptures ainsi qu'aux points où la glace offrait peu de résistance, et des voies d'eau, généralement étroites, se formaient dans tous les sens. Les choses se passaient donc comme si les plaques se repoussaient mutuellement pour avoir plus libre jeu.

De telles détentes ont pu être observées en janvier et en février 1899, et pendant le dernier mois de notre séjour dans les glaces; notamment après avoir quitté notre floe d'hivernage, nous avons pu nous assurer qu'indépendamment de conditions de vent favorables, poussant les glaces vers la mer libre, les courants dus aux marées contribuaient certainement à l'entraînement des glaces vers le N.

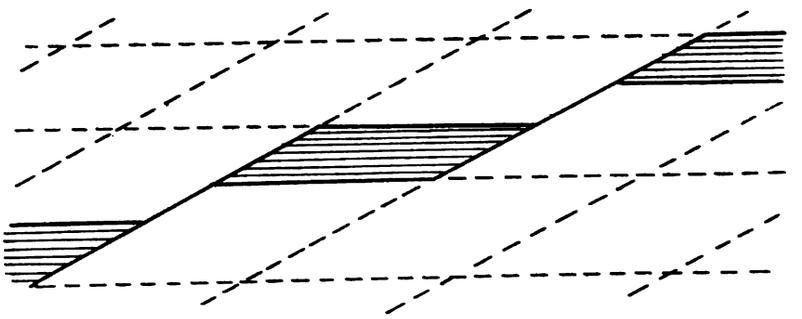
Les marées atteignant un maximum d'amplitude aux syzygies, il est intéressant de noter à ce propos que c'est le 11 février, au lendemain de la nouvelle lune, que survint la détente grâce à laquelle il nous fut possible de quitter notre floe d'hivernage, et que c'est le 12 mars au soir, de nouveau un jour après la nouvelle lune, que les plaques de glace dans lesquelles nous nous trouvions emprisonnés alors, commencèrent à se séparer, de telle sorte que dans la nuit du 13 au 14 nous parvînmes à nous dégager.

Loin de la lisière de la banquise, les voies d'eau produites entre les champs de glace par la poussée des vents, se distinguent de celles dues à la détente principalement en ce qu'elles sont plus grandes et parfaitement orientées.

Il m'est impossible de dire si l'orientation des voies d'eau est perpendiculaire à la direction de la dérive ou perpendiculaire à la direction du vent qui produit celle-ci : mes observations sont absolument insuffisantes à cet égard. Cette question offre pourtant un réel intérêt pour l'étude du mécanisme même de la dérive, et il serait désirable qu'une expédition placée dans des conditions semblables à celles dans lesquelles nous nous sommes trouvés, s'efforçât de déterminer aussi exactement que possible la direction (et le plan) des voies d'eau toutes les fois qu'il s'en forme.

Il est à remarquer que les voies d'eau ne sont pas assimilables à de vrais canaux tracés dans la banquise : leur largeur peut varier notablement d'un endroit à l'autre, si bien que parfois on croit se trouver en présence de vrais lacs. Mais si l'on suit le bord du champ de glace, le long de l'eau, on constate que de part et d'autre le lac se termine par des veines qui se poursuivent plus loin en fentes à peu près rectilignes. Si l'on admet, à priori, que des champs de glace disloqués, dérivant vers la mer libre, peuvent se séparer par bandes, de façon à former une succession de rubans, il est aisé de comprendre que des obstacles (une île ou des côtes ou des champs de glace non détachés) peuvent provoquer des déplacements suivant le sens latéral ; un changement de la direction du vent produira évidemment le même effet.

Il est dès lors compréhensible qu'au cours de la dérive, des rubans de champs de glace, séparés par de grandes voies d'eau, peuvent jouer les uns par rapport aux autres de telle sorte que, les glaces venant à se resserrer à nouveau, des plaques qui étaient contiguës peuvent fort bien ne plus être ramenées l'une contre l'autre, de façon à se juxtaposer. C'est ce qui explique la formation de lacs après que les glaces se sont partiellement resserrées. Il doit donc y avoir des alignements de lacs.



La figure ci-contre exprime ma manière de penser, dans l'hypothèse où, pour plus de simplicité, les champs de glace seraient représentés par des losanges.

Notre horizon d'observation était fort limité. De la paume du grand mât de la BELGICA on ne pouvait distinguer la surface de la banquise qu'à quelques kilomètres de distance ; plus loin, les détails se confondaient. Encore fallait-il que le temps fût beau. Le passage suivant de mon journal de bord rend compte de l'aspect des glaces à la date du 16 octobre :

« De la mâture, l'aspect du champ de glace est fort intéressant à observer. Sur de grandes étendues, ce champ est très uni, puis viennent des régions de hummocks qui rompent la monotonie du tableau. Il y a de ces bandes rugueuses dans toutes les directions. La région des grands hummocks, au N. du bateau, est fortement allongée et relativement très étroite ; plus loin se dessine une deuxième bande de hummocks tout aussi bien marquée et qui lui est parallèle. Dans l'W., une longue traînée est également fort bien marquée. Partout ces grandes masses de hummocks indiquent les emplacements d'anciennes voies d'eau. Actuellement, je ne puis apercevoir que trois voies d'eau, relativement étroites, mais s'étendant à perte de vue et dirigées à peu près E.-W.

» Il y en a deux dans le S., l'une devant le petit iceberg et l'autre assez bien au delà ; la troisième est dans le N. Or, nous occupons à présent une position excessivement avancée vers l'E. et, depuis quelques jours déjà, les bandes de water-sky qui étaient visibles sur le ciel dans l'E. et à l'W. ont disparu, tandis que des bandes sombres, correspondant aux trois crevasses mentionnées, réapparaissent toutes les fois que le ciel est uniformément gris. Ces derniers temps, j'ai pu voir fréquemment le water-sky pendant la nuit. Il est vrai que les nuits ne sont plus très obscures, mais le fait m'étonne néanmoins. »

Ce sont précisément les nombreuses observations que j'ai pu faire sur les alignements des bandes du water-sky qui me permettent de présumer que les voies d'eau sont en général orientées à peu près parallèlement et que, par conséquent, la banquise en dérive doit être considérée comme étant formée d'une succession de bancs de champs de glace.

Il semble donc que les voies d'eau présentent une certaine analogie et probablement aussi une communauté d'origine avec les clairières entre les lambeaux de pack, telles que celles que nous avons traversées en allant vers le S., à la date du 28 février 1898 (voir p. 10) Dans ces conditions, en supposant une forte dérive vers la mer libre de glace, on peut se représenter l'ensemble de la banquise comme étant formé de la succession suivante : simples blocs à la lisière des glaces ; puis des blocs plus serrés et plus grands, déjà beaucoup moins exposés à l'action destructrice des vagues ; puis des plaques de glace, encore fortement disséminées mais offrant déjà la tendance au groupement par bandes ; puis des groupements par bandes de floes plus grands, encore usés par l'action de la houle, et des lacs très allongés, libres de glace ; puis des champs de glace légèrement espacés et des voies d'eau ; et, plus loin encore, des bancs de champs de glace serrés ou même soudés entre eux et des alignements de voies d'eau.

Si, de fait, les choses se présentent de la sorte, il est aisé de s'expliquer, dans le cas d'une dérive vers la mer libre, la formation des bandes de champs de glace ainsi que celle de voies d'eau.

Dans ce cas, le mouvement se propagerait en effet simplement de proche en proche, jusqu'au point où la banquise est compacte et serrée et où la poussée du vent pourrait alors détacher progressivement de nouveaux groupements de champs de glace.

Avec le cours des saisons la limite de l'extension de la banquise se déplace. Par rapport à la lisière des glaces, nous avons donc occupé des positions très différentes aux diverses époques de l'année. Tandis que pendant les mois d'août à octobre nous nous trouvions sans aucun doute fort éloignés de la mer libre, nous nous en rapprochions progressivement pendant les mois d'été, de même que nous nous en sommes éloignés, par étapes successives, à partir du moment de notre emprisonnement dans les glaces jusqu'à celui de leur extension maximale vers le N.

De par cela même, mes observations faites aux différents mois de l'année se rapportent à des zones différentes de la banquise. Du fait qu'en mars 1898 nous étions environnés de floes, que plus tard ces floes se sont soudés entre eux, que jusqu'au commencement de la nuit polaire de nombreuses crevasses pouvaient encore se former en tous sens, tandis qu'à partir du retour du soleil la banquise était composée de champs de glace serrés, soudés, dépendant l'un de l'autre d'abord, puis progressivement de plus en plus indépendants, que vers la fin de l'été enfin les champs de glace même se brisaient et qu'on pouvait observer la tendance générale au retour vers l'aspect primitif de la banquise, telle que nous l'avions tout d'abord connue, de toute cette histoire résumée des transformations observées il ne faut pas nécessairement conclure que telles sont effectivement les transformations que la banquise subit dans tout son ensemble.

Car, en réalité, l'apparence de la banquise en un endroit donné dépend de l'éloignement de cet endroit de la mer libre, autant, sinon plus, qu'elle ne dépend des saisons de l'année. Je suppose donc qu'en toute saison on pourrait observer simultanément les différents stades en des endroits plus ou moins éloignés de la mer libre de glace.

Crevasses et pressions.

De l'explication que je viens de proposer quant à la formation ou plutôt à l'apparition des voies d'eau, il ressort évidemment que le champ de glace n'est pas une unité stable. Les champs de glace se forment en effet avec les progrès de la saison froide, ils grandissent par étapes successives à mesure que la limite des glaces s'éloigne, et puis, en été, ils se fragmentent à nouveau.

Les champs de glace ne se brisent pas nécessairement suivant d'anciennes cassures. Fréquemment on peut observer la formation de crevasses dans de la glace parfaitement unie. La planche V montre un exemple typique d'une crevasse de ce genre. Ce n'est que parce que les régions des hummocks sont des régions de dislocations que les voies d'eau y apparaissent le plus communément.

Mais, même pendant les mois du printemps, alors que les champs de glace sont le mieux développés, des crevasses se forment également en dehors des dislocations caractérisées par les hummocks, et cela toutes les fois que, par suite de la traction ou d'une poussée latérale, une portion d'un champ de glace est entraînée alors que l'autre partie est retenue par des

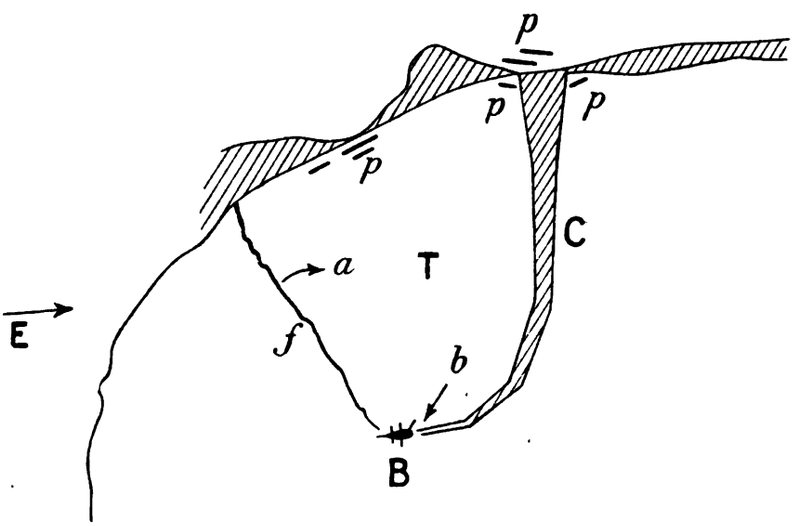
champs contigus. Assez fréquemment j'ai pu observer des crevasses légèrement entr'ouvertes, d'autres fois la glace paraissait simplement fendue sur une distance très grande, parfois encore les lèvres de la fente étaient légèrement ou fortement comprimées.

Pendant les travaux que nous avons exécutés en janvier et février 1899 afin de délivrer la BELGICA, j'ai suivi et noté avec plus d'attention toutes les transformations que notre champ de glace subissait.

Au point de vue de la question des fentes qui se forment, il ne sera pas sans intérêt de reproduire les passages suivants :

« 30 janvier 1899. — Pour le moment, il nous est impossible de détacher le bloc de glace qu'il faudrait encore scier à l'arrière pour terminer le canal.

» Une dépression barométrique a augmenté la force du vent et de NE. il est passé à ENE. ; dans ces conditions, notre canal *C* aurait dû se fermer, et c'est ce qui serait sans aucun doute arrivé si le floe adjacent n'était pas fortement appuyé contre le nôtre aux points *p*. Ainsi, l'entrée du canal est bouchée, depuis quelques jours déjà. Cette nuit la grande plaque de glace *T*, en forme de triangle, s'est pourtant détachée par suite de la formation d'une fente *f*, allant de l'avant du bateau jusqu'à la voie d'eau. Cette fente est étroite, mais cela importe peu, car grâce au changement de direction du vent elle peut s'ouvrir, pour former une crevasse, ou bien de nouvelles pressions viendront échelonner des hummocks tout le long.

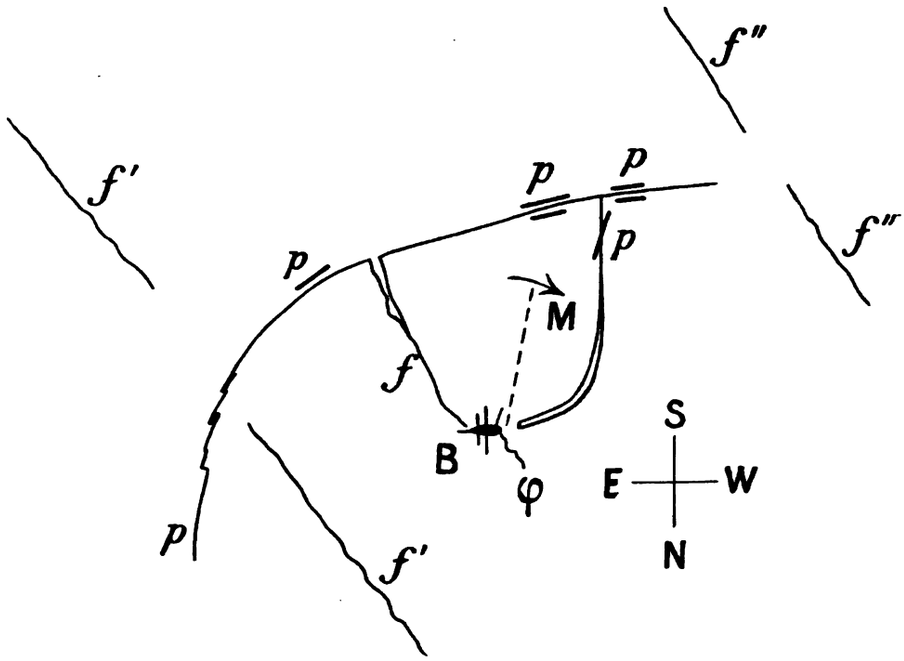


» Dans tous les cas, des pressions suivant *b* se font déjà sentir, car le bateau s'incline légèrement sur tribord et la grande scie est à tel point comprimée dans l'entaille qu'on ne peut plus la retirer ni même la faire bouger dans la glace. Forcément le travail a été interrompu. »

« 31 janvier. — Profitant de ce que, le manteau brumeux s'étant enfin déchiré ce soir, la vue pouvait s'étendre au loin, je suis monté dans le nid de corbeau afin d'examiner le pack. Pas d'eau ! Tout s'est comprimé, les petites voies d'eau qui existaient ont à peine laissé quelques traces. Par contre, des chaînons de hummocks se sont formés et ces lignes de nouvelles pressions sont même nombreuses.

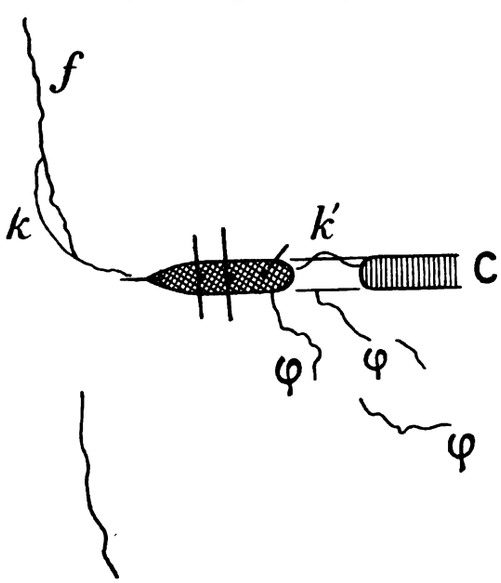
» Mais, par places, les floes se sont fendus et il y a toute une série de veines nouvelles. La voie d'eau qui bordait notre floe sur le pourtour E. et S., est complètement fermée et les bords du floe sont garnis de beaux hummocks. Notre canal, scié avec tant de peine durant les trois dernières semaines, est obstrué à sa sortie et une série de hummocks en marquent l'emplacement. La fente *f*, formée hier matin, s'est entr'ouverte un peu (près du bateau elle n'est large que de 50 centimètres, plus loin de 1 mètre, en son milieu de 2 mètres environ et au delà sa largeur correspond à celle qu'avait notre canal à sa sortie). Ce mouvement angulaire suivant M a également produit une petite fente *g*, par bâbord arrière, à peine marquée et de quelques

mètres de longueur seulement ; mais cette cassure a été accompagnée d'un saut d'environ 10 centimètres.



» Une fente *f'* s'est formée à l'avant, à environ 200 mètres de la BELGICA. Sa direction est perpendiculaire au NE., qui est le sens de notre dérive. Son prolongement sur le floe voisin est encore mieux marqué que sur le nôtre. Ces deux floes forment donc corps dans ce mouvement de détente. Je vois également une fente *f''* à l'arrière du bateau ; elle est parallèle à la précédente, mais beaucoup plus éloignée de nous ; elle aussi traverse notre floe et le floe voisin, mais avec un faible déplacement. Au delà de notre floe, je distingue d'autres fentes perpendiculaires à la direction SW., suivant laquelle je regarde ; toutes sont à peine entr'ouvertes. Trois d'entre elles sont très nettement visibles ; elles semblent être rectilignes et ont une longueur de plusieurs kilomètres.

» Dans le NE., ces fentes ne sont pas aussi bien accentuées, du moins près de notre floe ; ce qui est compréhensible du reste, le pack étant beaucoup plus fragmenté par là. Dans le N., pas trace d'eau. Suivant les directions NW. et SE., le pack est tout à fait comprimé et de nouvelles chaînes de hummocks y sont beaucoup plus abondantes que suivant d'autres directions. »



« 2 février. — De la mâture, je me suis aperçu que la cassure φ, près de l'arrière, s'est notablement étendue. Une deuxième cassure s'est même formée à côté. Sur le prolongement de *f* il y a maintenant une cassure également à bâbord et la cassure *k* s'est formée. Mais, de part et d'autre, la glace s'est resserrée contre la coque du navire et dans le morceau non enlevé qui nous sépare du canal, une cassure *k'* (avec la lèvre intérieure relevée) a été accompagnée d'une légère inflexion de la glace. Aussitôt que cette partie cédera à la pression, celle-ci s'exercera entièrement sur le bateau. »

« 3 février. — Les hummocks qui se sont formés à l'extrémité de notre canal sont très imparfaits, tandis que sur les bords de notre floe il s'en

est constitué de très beaux. A la voie d'eau (dans laquelle nous avons chassé les plaques de glace sciées pour le creusement du canal), a succédé une « mer de glace » où règne la plus grande confusion, car tout ce qui y flottait a été en quelque sorte laminé par les deux floes contigus. Quant aux bords du floe, ils ne semblent pas avoir été fortement modifiés, les pressions n'ont pas empiété sur notre champ de glace. A l'aspect de cette confusion, de ces blocs redressés presque verticalement tandis que d'autres tiennent à peine en équilibre dans des positions fantastiques, devant ce tableau si varié, je m'explique à présent ces dessins du pack qu'ont donnés différents explorateurs arctiques, et que je croyais fantaisistes. »

« 4 février. — Hier et pendant la nuit ont régné de très forts vents d'E., d'ESE. et finalement de SE. Ce vent a redressé le bateau, qui penchait un peu. A 14^h, le vent de SE., qui souffle avec violence contre tribord avant, imprime au bateau un petit mouvement de roulis à peine perceptible : la BELGICA oscille dans sa gaine de glace, les objets suspendus balancent légèrement et par moments même on perçoit le mouvement.

» D'un autre côté, il y a de la « houle » dans les environs du bateau. Les fragments de glace à l'arrière (car à côté de *k'*, fig. ci-dessus, se sont produites d'autres cassures) ont été soulevés, et là où l'eau s'avance suivant un plan incliné, on la voit monter un peu, puis descendre, et ce mouvement de va-et-vient est périodique. On le distingue mieux encore aux fentes φ, elles s'ouvrent un peu, puis se referment, et le grand bloc compris entre les deux fentes oscille ; du reste, il me semble que l'autre bloc subit également ce mouvement, mais beaucoup moins. A $14^h\,30^m$, dans le laboratoire, je ressens les légers mouvements du bateau ; il me semble que la gaine de glace dans laquelle il est enserré, lâche prise par moments. A l'arrière, l'oscillation des blocs de glace devient plus accentuée. A 15^h, les mouvements du bateau s'accusent davantage, on ressent des chocs et le bois du laboratoire grince. A $15^h\,30^m$, les chocs deviennent plus forts, ils viennent de tribord avant. C'est la glace qui se serre et se détend successivement, et le bateau subit à chaque coup un léger mouvement d'avant en arrière. Il me semble que c'est le grand triangle compris entre la fente *f*, le canal *C* et la zone de nouvelles pressions au S., et qui touche au bateau par tribord, qui éprouve un mouvement de va-et-vient suivant la direction de l'axe du navire. Vers 16^h le vent faiblit ; les mouvements cessent, mais par moments le bateau est encore heurté et subit alors un mouvement léger mais très brusque. Il se pourrait donc que cette houle ne fût qu'apparente et qu'en réalité ces mouvements des fragments du floe fussent simplement dus au vent. Dans les conditions présentes, ces mouvements doivent nécessairement se répéter et devenir plus ou moins périodiques. Mais ce que nous apercevons surtout à bord, ce sont les mouvements du bateau même qui ballotte dans sa gaine et se cogne tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. Après 16^h, nous n'avons plus ressenti de pareils chocs et les mouvements sont devenus plus rares. Maintenant (23^h à minuit) le vent augmente de nouveau et on distingue très nettement le ballottement du bateau. Si la pince de glace dans laquelle nous nous trouvons se desserrait davantage, le roulis et les chocs deviendraient plus violents. Pourtant, ce n'est pas le bateau qui communiquait ses mouvements aux fragments de glace à l'arrière : il ne touche pas à la glace en cet endroit, et à présent je ne vois plus le moindre mouvement près de la fente φ tandis que le bateau bouge. Quoi qu'il en soit, il y a deux espèces de chocs : les uns brusques, suivis d'une légère trépidation à bord, et d'autres accompagnant un mouvement d'oscillation périodique. Le cap du navire n'a tourné que de 4 ou 5°.

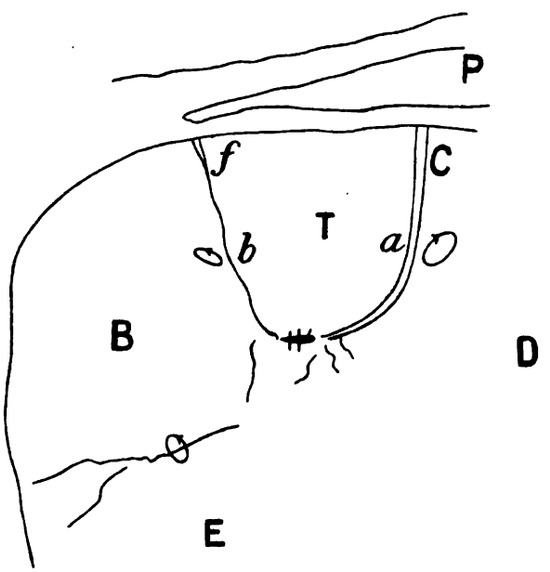
» Le grand iceberg tabulaire est toujours par tribord avant, tandis que le petit iceberg a fait un voyage énorme, par rapport à notre floe. Il était demeuré près de nous, et à l'arrière,

pendant tout l'hiver et le printemps. Puis une voie d'eau nous en a séparés ; il s'est éloigné en se dirigeant vers tribord. Il y a trois semaines, nous le voyions encore à l'horizon S. ; puis, il disparut. »

Le 5 les glaces restèrent immobiles et le bateau ne bougea point. Le 7, dans le silence de la nuit, j'entendis derechef le grincement de la glace. Mais les pressions contre le bateau étaient faibles, car la glace frottait simplement contre la coque. Ce n'était qu'un écho de ce qui se passait à l'extérieur de notre floe.

Le 8 au soir, l'horizon étant dégagé de brume, je pus me rendre compte qu'en somme il ne s'était produit que peu de solutions de continuité dans les glaces. Le 9, le ciel s'étant dégagé et les champs de glace étant bien éclairés, les quelques taches noires au milieu des hummocks paraissaient tout à fait insignifiantes. Le 10, toute trace d'eau avait disparu, de la nouvelle glace s'étant formée dans les rares interstices.

« 11 février. — Grand changement : détente générale. De la mâture on reconnaît que toutes les fentes s'ouvrent. L'ancienne voie d'eau s'est reformée et dans le NE. il y a également de l'eau. Hier nous avons eu de faibles vents du S., puis W. et ce matin NW. Après-midi nous nous sommes remis à scier la nouvelle glace formée dans notre canal. Les voies d'eau augmentent encore et à 8h du soir des mouvements se font sentir autour du bateau. La grande plaque triangulaire T s'est complètement détachée et elle bouge. Pas de vent et la houle se fait sentir ; le mouvement est périodique. L'eau semble monter et descendre. Les cassures sont nombreuses. Sur les bords du floe, la fragmentation continue. Une grande pièce *P* se resserre de nouveau contre le floe. Mais le fait intéressant est le mouvement de va-et-vient de ces grandes plaques de glace. Au point *a*, c'est la pièce *D* qui remue. Le mouvement est périodique et il n'est pas rectiligne.



» Une coupure qui a été pratiquée cet après-midi s'élargit de 30 ou 40 centimètres, puis se referme. En *b* j'ai suivi le mouvement pendant quelque temps : la période est de 15 à 25 secondes ; au bout de plusieurs oscillations, l'amplitude augmente ; après chaque détente, l'eau descend un peu dans la fente, le niveau se rétablit, puis l'eau monte de nouveau. En *c*, le mouvement de *B* par rapport à *E* démontre non seulement que la direction du mouvement n'est pas partout la même, mais que ces mouvements sont certainement elliptiques. La durée est la même qu'en *b*. »

De ce qui précède on peut conclure que tandis que les voies d'eau se produisent le plus communément par la séparation de champs de glace en dérive, les crevasses et les fentes se forment par un effet de traction dû aux pressions dans les glaces ou par une poussée venant d'en bas, telle que celle provoquée par la houle.

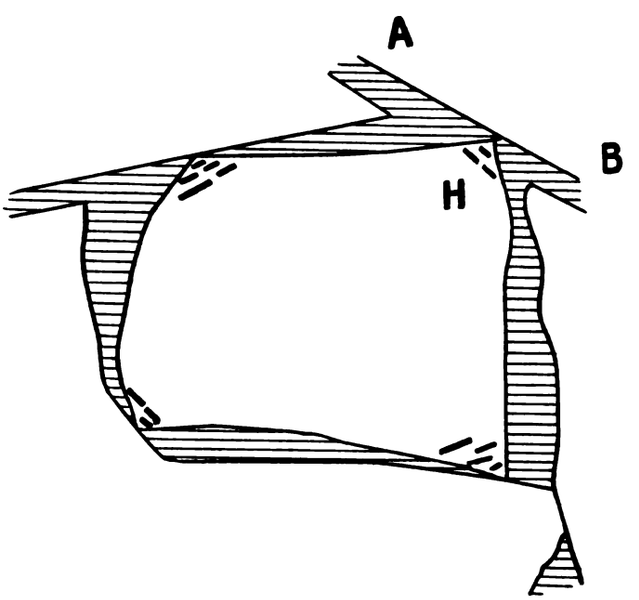
A la suite de chaque détente entre les floes, les changements de la direction du vent amènent la compression des plaques les unes contre les autres. Les voies d'eau qui se forment pendant la dérive se referment et les champs de glace se resserrent.

La glace est soumise à des pressions partout où des discontinuités se sont formées.

C'est entre les grandes unités que les pressions sont généralement les plus fortes. C'est pourquoi les champs de glace sont bordés de hummocks parfois vraiment imposants. Mais la confusion est la plus grande aux endroits où la banquise est très fracturée et où les simples blocs sont fort nombreux.

La photogravure ci-dessous montre l'aspect de la vraie « mer de glace » que nous eûmes devant nous pendant la dernière semaine de notre séjour dans le pack. C'est vraiment du pack tel que l'ont décrit maints explorateurs arctiques, et ces blocs de glace bougent, se déplacent, grincent, et se brisent sous l'effet des ondes de la houle. Mais dans le S. cet aspect hérissé de la banquise disparaît aussitôt que survient la détente. Alors les blocs soulevés s'affaissent pour se mêler au gâchis de glace brisée et pilée qui remplit les interstices entre les floes, et avec le progrès de la détente le pack devient navigable.

Au point de vue de la navigation dans les glaces, les pressions dans le pack proprement dit me paraissent beaucoup moins dangereuses que celles qui se produisent entre des champs de glace. Dans de la glace très fragmentée les blocs peuvent en effet glisser l'un sous l'autre, se relever, se déplacer, tandis qu'entre champs de glace des fractures nouvelles se forment en de nombreux endroits, partout notamment où des saillies sont comprimées, et des efforts de pression énormes se trouvent concentrés en ces points.

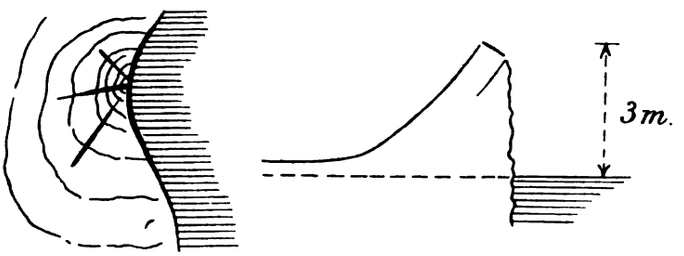


J'extrais à ce propos le passage suivant de mon journal, passage daté du 25 janvier 1899 :

« Les hummocks qui se forment actuellement sont fort intéressants. Par places, ce sont des amoncellements de petits fragments de glace, atteignant 3 et 4 mètres de hauteur et parfaitement isolés.

» Ailleurs on voit des traînées régulières, rectilignes ou dirigées suivant des lignes brisées. Dans ce cas la pression a agi uniformément suivant toute l'étendue, tandis que dans le cas des hummocks isolés elle se trouvait concentrée en un point.

» Il est compréhensible que c'est aux angles formés par l'intersection des crevasses que les pressions doivent agir le plus fortement. Notre floe n'est évidemment pas circulaire, — il a un contour polygonal irrégulier, — mais il tend à s'arrondir, car il suffit qu'il tourne un peu pour que, avec un changement de direction du vent, l'un ou l'autre des angles saillants *H* se trouve comprimé contre la face opposée *AB* du floe adjacent.



» J'ai vu, au bord de l'eau, un hummock qui ressemblait à un cône volcanique. Une crevasse le coupait verticalement du côté de la fente. Quelques cassures allaient en descendant à partir du sommet, mais elles ne fragmentaient pas la glace en blocs isolés, au contraire, la glace était infléchie vers le pied du hummock et sur les côtés également.

» La poussée ayant produit ce hummock semble donc avoir été concentrée en un seul point. Il est probable que ce hummock conique aura été formé par suite de la pression d'un coin pointu contre le bord de la crevasse. »

Il était désirable de bien se rendre compte de l'épaisseur de la croûte glacée aux endroits où de fortes pressions se sont exercées. Car de fait « les hummocks sont isostiques, — si par définition on admet toutefois que la conception de l'isostase puisse être ainsi étendue, et si elle doit être expliquée par un épaississement général de la croûte terrestre suivant la direction des grandes chaînes de montagnes.

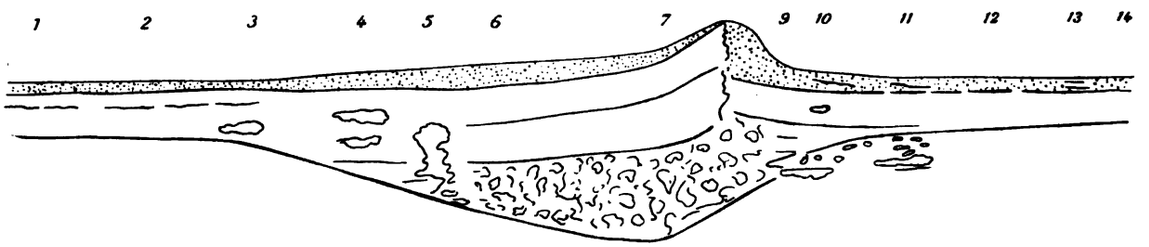
» Pour ce qui concerne les chaînons de hummocks de glace, il est dans tous les cas bien certain que les protubérances sont marquées sous l'eau tout aussi bien qu'au-dessus. Tout ce qui émerge est contrebalancé par une masse de glace déplaçant suffisamment d'eau pour maintenir le hummock en équilibre stable. J'ai pu me convaincre de ce fait à maintes reprises sur les bords de certaines fentes transverses à une ancienne ligne de pression. Néanmoins, comme les coupes qui se produisent naturellement sont le plus souvent longitudinales, et qu'il est rare que le soleil éclaire convenablement la glace submergée, je n'ai encore pu me rendre bien compte ne fût-ce que d'un seul profil, et c'est pourquoi il m'a paru nécessaire de pratiquer quelques coupes transversales. Je ne suis encore parvenu à réaliser qu'un seul alignement de sondages.

» A l'avant, par tribord, se trouve un chaînon court mais ayant un bel hummock comme sommet (pl. II, fig. 4). Sa direction est à peu près parallèle à celle du bateau et c'est vers la fin du mois de mai qu'il s'est formé sous nos yeux. Les chasse-neige ont fortement enseveli cette protubérance de la croûte glacée et en ont adouci la forme extérieure.

» A l'aide de jalons, j'ai fait un alignement passant par le sommet et dirigé perpendiculairement à l'alignement du chaînon. Les résultats obtenus au moyen de la sonde de Van den Broeck sont fort intéressants, en ce sens qu'ils ont montré : 1° que la symétrie est imparfaite ; 2° qu'il y a un champ de glace relativement mince en contact avec un autre de glace plus épaisse ; 3° que devant le hummock il existe une forte inflexion de la glace comblée de neige et nivelée par ce fait, mais que la glace sous-jacente se relève vers le sommet ; 4° qu'il y a des cavités libres à partir d'une certaine profondeur et que la protubérance submergée est peu consistante ; 5° qu'il y a près du hummock submergé des fragments de glace meubles.

» Il me semble que, dans le cas présent, les matériaux composant le chaînon ont été

empruntés surtout à la glace du floe de moindre épaisseur qui, poussé contre un vieux bloc de glace, n'a pu résister à la pression. Cette glace s'est fragmentée contre l'obstacle, les débris ont glissé et ont également soulevé la glace vers le haut. Mais, les détails et la figure ci-après démontrent que pour bien comprendre les choses il faudrait pratiquer un plus grand nombre de sondages.



SONDAGES :

N° 1. — A 31 m. 50 cm. du sommet : 40 cm. de neige
puis, jusqu'à la profondeur de 1 m. 15 glace facile
» » 2 m. 50 glace
+ 20 cm. très facile.

(29 déc.) Epaisseur : 2 m. 70.

N° 2. — A 26 m. 50 cm. du sommet : même niveau, 40 cm. de neige, puis se perce aisément jusque 1 m. 30 et 1 m. 30 à 2 m. 60 glace. Ajouté 4 m. à la tige sans trouver de glace en dessous.

(28 déc.) Epaisseur : 2 m. 60.

N° 3. — A 21 m. 50 cm. du sommet : différence de niveau d'environ 20 cm., 30 cm. de neige ; puis vient une croûte glacée dure, après quoi la glace est facile jusqu'à la profondeur de 1 m. 10; puis glace dure devenant plus facile en profondeur; entre 2 m. et 2 m. 40, espace libre, puis de 2 m. 40 à 2 m. 70, glace.

Laissé descendre la tige à 6 m. 50 sans rien rencontrer.

(27 déc.) Epaisseur : 2 m. 70.

N° 4. — A 16 m. 50 cm. du sommet : 75 cm. de neige molle, à 60 cm. de profondeur il y a de l'eau.

Profondeur 1 m. — glace facile pouvant être percée à la vrille.
» 1 m. 30 glace dure.
» 1 m. 80 glace très dure.
» 1 m. 80 à 2 m. 30 un espace libre.
» 2 m. 30 glace facile.
» 3 m. à 3 m. 50 un second espace libre, puis de la glace peu dure.
» 4 m. à 4 m. 10 glace trouée et puis facile jusque 4 m. 50.

Plus rien jusque 7 m. 30.

(26 déc.) Epaisseur : 4 m. 50 cm.

N° 5. — A 13 m. 50 cm. du sommet : 90 cm. de neige, niveau de l'eau à la profondeur de 80 cm. A partir de 1 m. 15 jusqu'à 2 m. 30 la glace est dure. De 2 m. 30 à 5 m. 90 espace libre, puis résistance dure. En donnant quelques forts chocs le bloc cède et la sonde s'enfonce jusque 7 m. sans rencontrer de résistance. Ce sondage se trouve sur le prolongement d'un hummock. (26 déc.).

N° 6. — A 10 m. 30 cm. du sommet : 1 m. 10 de neige, puis glace dure jusque 2 m. 70, moins dure jusque 4 m. 30, puis par moments dure mais le plus souvent facile à percer jusque 7 m.

(23 déc.) Epaisseur : 7 m.

N° 7. — A 2 m. 50 cm. du sommet : 50 cm. de neige, puis la glace est très dure sur 50 cm. d'épaisseur et ne peut être percée qu'à coup de ciseau. A la profondeur de 2 m., la vrille avance régulièrement, mais peu à la fois. A 3 m. 30, la glace est encore très compacte et difficile à percer ; la vrille n'avance que bien doucement. A 4 m. 30, la glace se perce facilement. A 5 m. de profondeur, il semble y avoir un trou. A partir de 6 m., la sonde avance facilement.

(24 déc.) Epaisseur : 8 m. 30 cm.

N° 8. — Au sommet du hummock il y a de la glace dure à 20 cm. sous la neige et la couche de glace y est rompue, car immédiatement à côté on ne la retrouve qu'à une profondeur de 2 m. sous la neige.

A 1 m. du sommet, la surface de la neige se trouve à 60 cm. plus bas et il y a également plus de 2 m. de neige au-dessus de la glace. A 1 m. plus loin, la surface est de 45 cm. plus bas, la nappe aquifère y est à environ 1 m. 20 de profondeur et la glace ne se rencontre qu'à 1 m. 90.

N° 9. — A 3 m. du sommet : la surface se trouve à peu près 1 m. 70 plus bas que le sommet du hummock. A 1 m. de profondeur il y a une croûte dure avec une couche aquifère en dessous. A 1 m. 30 vient la glace compacte, à 1 m. 80 la glace est dure, vers 2 m. 50 elle est progressivement moins dure ; puis, 3 m. à 3 m. 50 espace vide, 3 m. 50 à 4 m. bouillie de glace, puis un espace libre jusque 5 m. où la sonde rencontre de nouveau une résistance. Laissé descendre jusque 7 m. 50. (2 janvier.)

N° 10. — A 4 m. 50 du sommet : différence de niveau de 2 m. Le niveau de l'eau est à 70 cm. de profondeur et l'épaisseur de la neige est de 1 m. A la profondeur de 1 m. 50, il y a de la glace dure.

Profondeur de 1 m. 75 un trou de 10 cm.
» 2 m. 50 glace moins dure.
» 3 m. glace très facile.
Epaisseur : 3 m. 50.

A 4 m. 50, la sonde rencontre encore un bloc de glace flottant et jusque 6 m. 50 plus rien. (29 déc.)

N° 11. — A 8 m. 50 cm. du sommet : 15 cm. plus bas que le sondage précédent. La neige est gelée et la couche aquifère également. A 1 m. glace dure, à 1 m. 50 moins dure, puis 2 m. à 2 m. 50 glace dure, puis glace pourrie et des espaces libres. A 3 m. 25 une couche dure n'ayant pas plus de 1 cm. d'épaisseur, un espace libre et à 4 m. une nouvelle résistance. (1er janvier.)

N° 12. — A 12 m. 50 cm. du sommet : 10 cm. plus bas que le sondage précédent. 1 m. de neige, 1 m. à 1 m. 30 glace dure, 1 m. 30 à 1 m. 60 facile, 1 m. 60 à 2 m. 20 glace continue.

(1er janvier.) Epaisseur : 2 m. 20.

N° 13. — A 16 m. 50 du sommet : même niveau que le sondage précédent. 1 m. de neige durcie par la gelée, puis une couche continue de glace pas très dure.

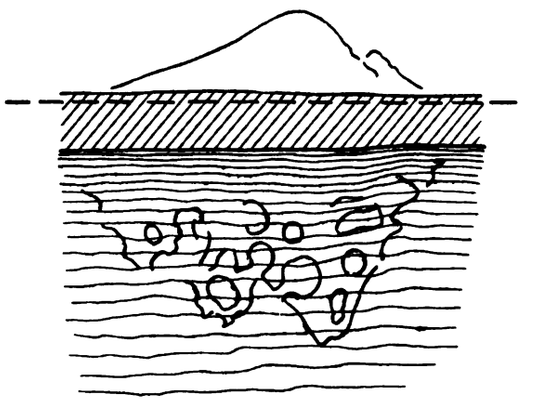
(1er janvier.) Epaisseur : 2 m. 10.

N° 14. — A 18 m. 50 du sommet, même niveau. A 20 cm., une couche dure puis facile jusque 70 cm., à 90 cm. de profondeur commence la glace.

(1er janvier.) Epaisseur : 1 m. 60.

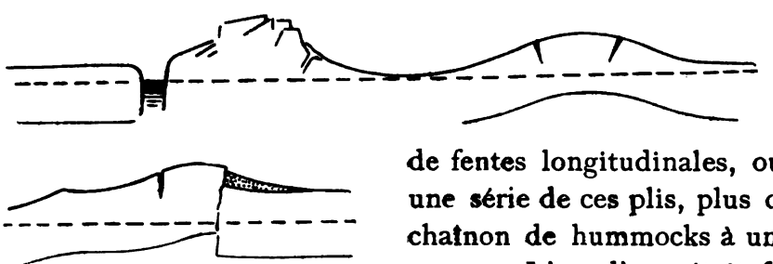
» Sur tout le parcours de notre canal (dont le tracé suivait une ancienne voie d'eau), nous n'avons pas eu à faire une seule coupe de hummocks ; nous les évitions du reste. Néanmoins, toutes les fois que nous passions à côté, la glace devenait plus dure et plus épaisse. En regardant après coup la tranche, il était visible que la glace ne s'épaississait pas régulièrement aux abords des hummocks. Sur le prolongement de ceux-ci ou dans leurs environs immédiats, il y a des fragments tabulaires de glace qui ont été poussés par dessous, se sont soudés dans

la suite et qui, par le fait de l'accroissement subséquent de l'épaisseur de la glace, se trouvent intercalés. Pourtant, à l'entrée du canal, il m'a été possible de voir, grâce à un éclairage favorable, le dessous d'un hummock (fig. ci-contre). La glace ressemblait à une grosse éponge aux contours irréguliers et percée de trous atteignant 50 centimètres de diamètre. Ce fait m'a paru fort intéressant, car il explique les vides rencontrés par places au cours des forages. »



Il est certain que, du moins en été, la glace de mer n'est pas parfaitement rigide. Ainsi, la dernière photographie de la planche VII montre un exemple de plissements de la glace produits par les pressions.

Ce n'est que bien tard que j'ai été frappé par l'existence de hummocks incomplets, en quelque sorte en voie de formation lente et qui sont représentés par de véritables plis dans la glace. J'ai noté le fait pour la première fois à la date du 25 novembre. Mon observation est conçue comme suit :

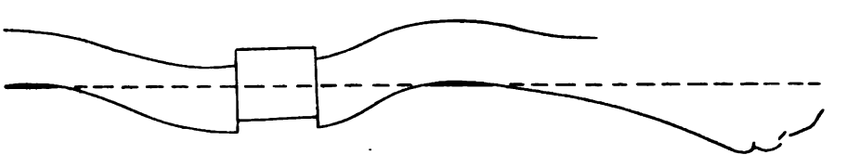


« Ces plis (anticlinaux) présentent l'aspect de gros renflements, toujours peu élevés par rapport à l'étendue qu'ils occupent et creusés de fentes longitudinales, ou même complètement crevés. Toute une série de ces plis, plus ou moins bien développés, longent le chaînon de hummocks à une distance de 15 à 20 mètres.

» L'un d'eux était fort instructif, à considérer : il constituait un renflement oblong, coupé suivant sa longueur par une fente dont l'une des lèvres s'était affaissée d'au moins 1 mètre par rapport au sommet du plissement.

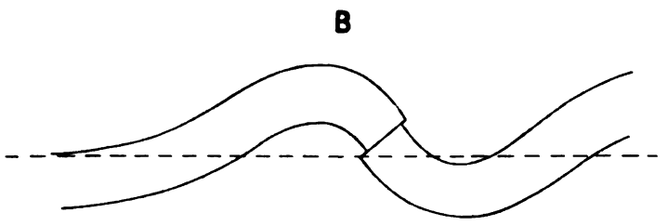
» On croirait vraiment se trouver en présence de modèles de démonstration des différents modes de formation des montagnes, et notamment de l'influence des failles longitudinales sur le relief. Mais ce sont ici des montagnes théoriques, des chaînes primitives, car aucune érosion n'a contribué à les ouvrir, — au contraire, l'apport éolien de neige chassée les masque partiellement.

» L'un de ces hummocks imparfaits présentait un effondrement quadrangulaire, plus long que large. Dans ce cas, le coin formé entre les cassures longitudinales s'est affaissé grâce à des fentes transversales. De part et d'autre de ce plissement anticlinal de petits étangs attestaient à l'évidence les inflexions synclinales qui l'accompagnaient. »



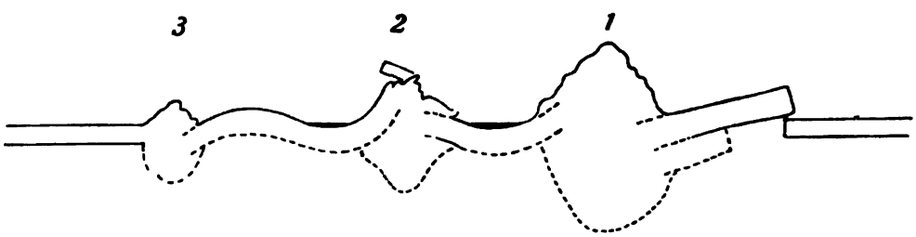
Une autre note, écrite le 10 février, se rattache à ce qui précède. En voici le texte, avec les figures qui l'accompagnent :

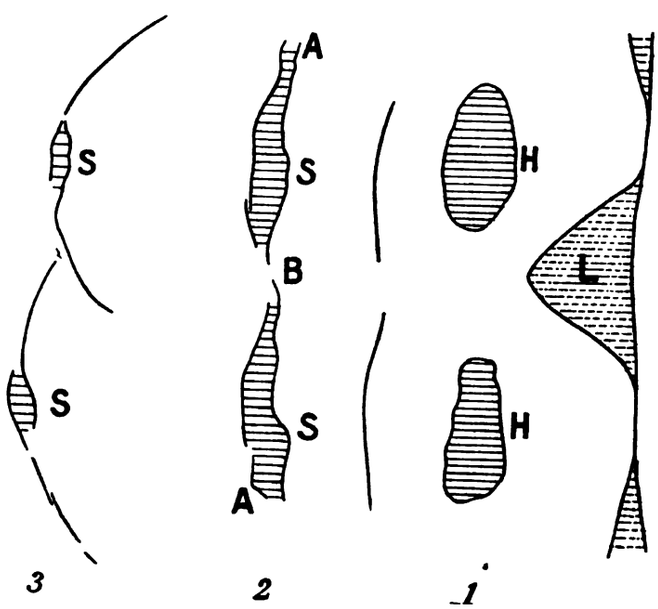
« Aujourd'hui je distingue mieux que précédemment le rôle très considérable que les plissements de la glace jouent dans la formation des hummocks. Le fait est évident dans le



cas où le bombement B (fig. ci-contre) est bien accentué. Par places ces bombements oblongs sont à peine fendus. Ailleurs, au contraire, on peut suivre toutes les phases de la rupture, depuis la plus légère flexion de la glace jusqu'à la forme du hummock, accumulation de blocs jetés pêle-mêle et où le plissement primitif est complètement détruit. Dans ce cas, la confusion est généralement telle, que je ne pensais pas pouvoir jamais me rendre un compte exact des aspects si variés qui se présentent à la vue. Aujourd'hui, je reconnais que pour comprendre il suffit de regarder les choses de près, de scruter les détails et de dessiner au lieu de photographier.

» Ainsi, c'est la première fois que je remarque un effet de pression composé de trois chaînons nettement visibles. Le troisième n'existait pas encore, il y a peu de jours, le vendredi 3, et le deuxième était à peine marqué à cette date; mais, depuis, les choses ont fortement changé, l'effet des pressions s'est propagé davantage. Les premiers hummocks *H*, *H* de la figure ci-dessous, qui sont les plus grands, apparaissent isolés ; ce sont les plus anciens et ils ont été formés au moment où la voie d'eau s'est refermée. Ils semblent marquer les bords du floe; ce sont les points d'achoppement. Des étangs *L* sont encore restés. Le deuxième chaînon est continu. Les sommets *S* font face aux hummocks *H*, tandis que vers *A* et *B* le chaînon se transforme en un simple bombement de la glace. La troisième rangée n'est plus continue, elle est basse et se résout en simples cassures. Mais, fait remarquable, devant les hummocks *H*, *H* et les sommets *S*, *S* de la seconde rangée il existe deux petits hommocks, et les cassures dont ils font partie forment deux grandes courbes, comme si les hummocks précédemment formés avaient produit de grands éclats dans la glace de notre floe. »

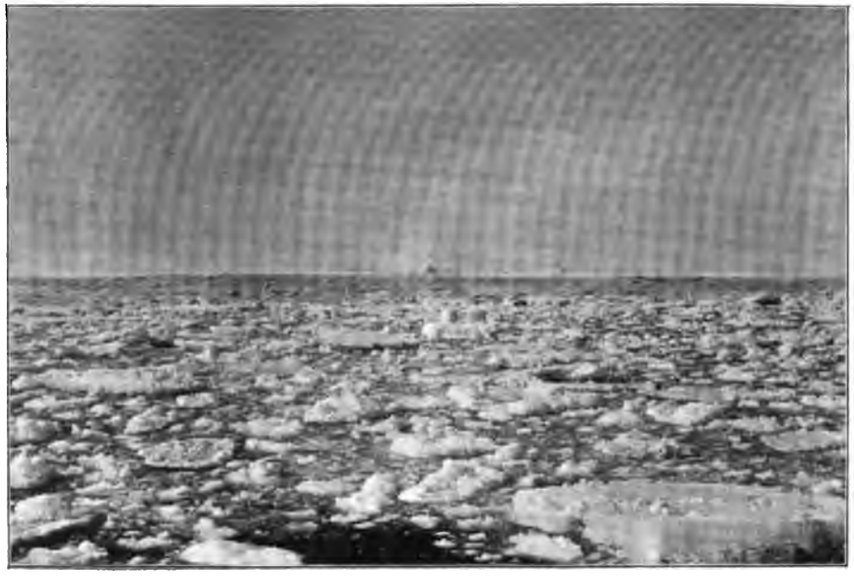




Ces observations, quoique très insuffisantes, démontrent, je crois, à l'évidence qu'un intérêt réel s'attache à l'étude des formes et de la structure des hummocks produits par les pressions qui se manifestent dans les glaces. Les analogies avec les modes de formation de certaines particularités des chaînes de montagnes de la croûte terrestre sont en effet frappantes.

Et, comme il nous est donné de pouvoir examiner d'une façon détaillée et approfondie les divers aspects ainsi que la structure et le mode d'apparition des régions accidentées de la croûte glacée de l'océan, qu'en outre nous pouvons poursuivre les transformations qui s'opèrent avec le progrès du temps ou avec l'augmentation des pressions, je crois qu'il serait difficile de trouver ou de réaliser un meilleur laboratoire pour l'étude expérimentale des dislocations et des plissements de terrains qui se sont passés en grand au cours des âges géologiques. De fait, il ne faut pas perdre de vue que dans la majorité des cas les hummocks de glace ne sont pas isolés, que le plus souvent, au contraire, ils se trouvent associés de façon à former des alignements de chaînons, et que ces alignements eux-mêmes sont groupés, qu'il y a des régions de hummocks de même qu'il y a des régions de montagnes ou de chaînes de montagnes.

Établir ne fût-ce que quelques coupes détaillées au travers de l'une ou l'autre de ces bandes de glace disloquée : telle serait la première recherche à entreprendre, comme suite aux observations précédentes, qui ne sont que l'ébauche d'une étude plus approfondie des formes apparaissant sous l'effet des pressions qui s'exercent entre les champs de glace.



Près de la lisière de la banquise.
Icebergs à l'horizon.

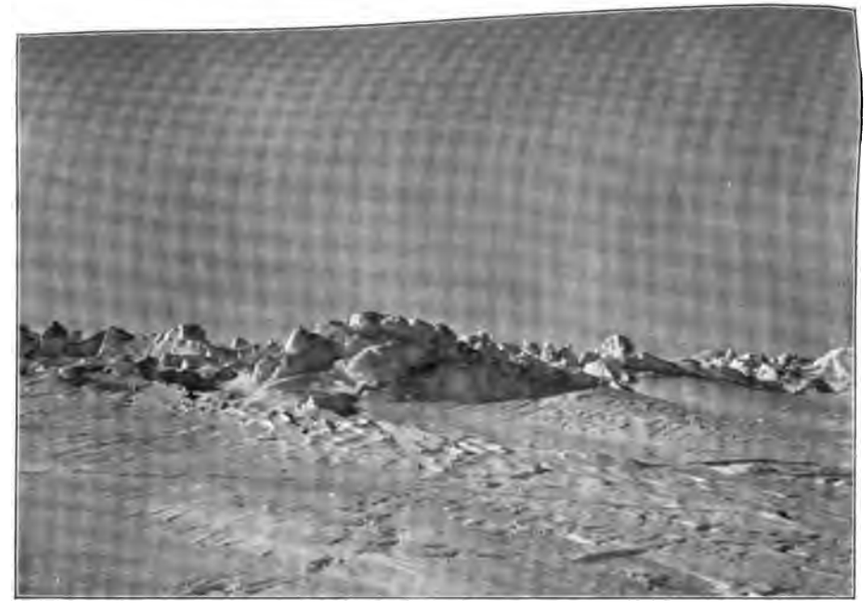
La BELGICA après le chasse-neige du 19 novembre 1898.

Les derniers glaçons. Une clairière dans le lointain.

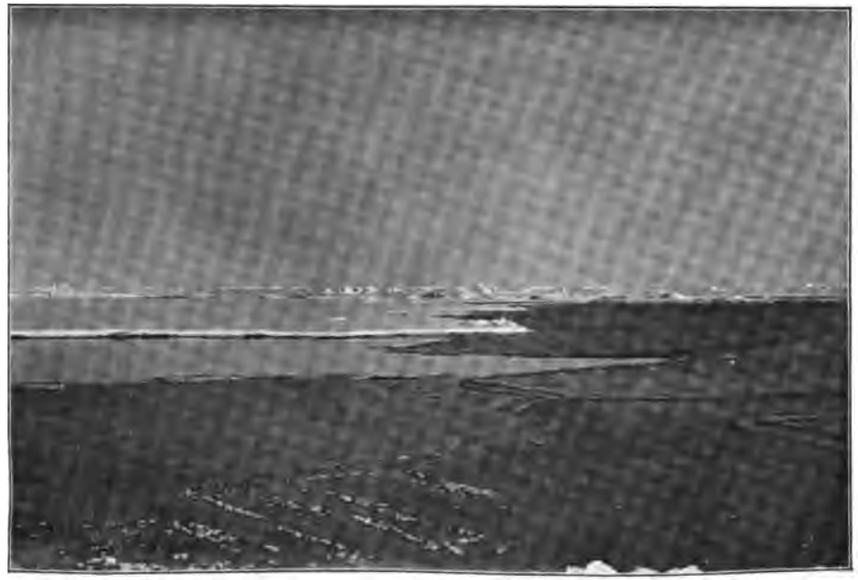
Phot. Arctowski.

Aspect de notre champ de glace à la date du 8 octobre 1898.

Grande voie d'eau qui s'est ouverte en octobre devant le « petit iceberg ».
Une pâte de neige chassée couvre la surface de l'eau.



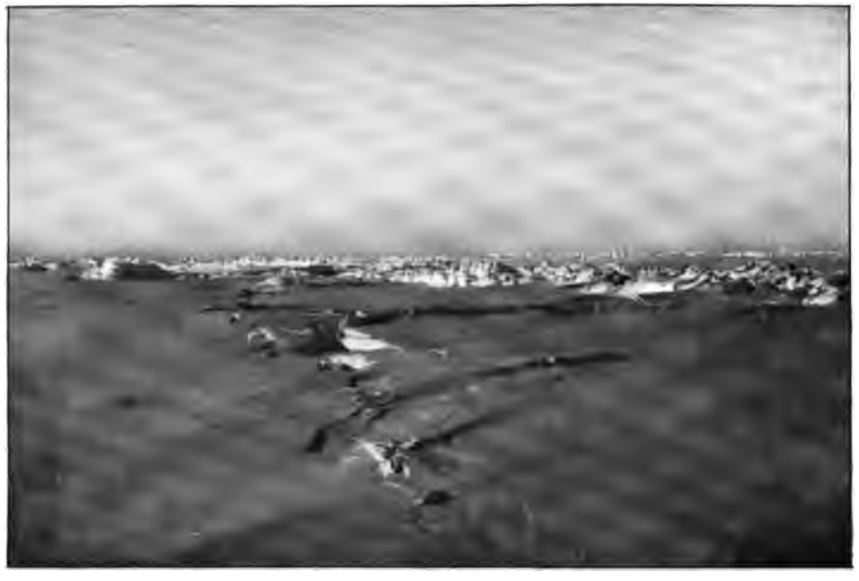
Hummocks partiellement ensevelis par de la neige chassée.
La surface de la neige à l'avant-plan présente des formes caractéristiques.



Voie d'eau à droite. Un champ de vieille glace dans le fond.
Jeune glace à l'avant et fleurs de glace. Plus loin, de la jeune glace couverte de neige.
Plus loin encore, de la glace plus épaisse n'ayant pas subi de pressions.

Phot. Arctowski.

Hummock qui s'est formé à proximité de la BELGICA le 29 mai 1898
et dont la coupe transversale a été mesurée en janvier 1899. Aspect écailleux de la surface
de la neige produit pendant le chasse-neige de la nuit du 6 au 7 octobre.



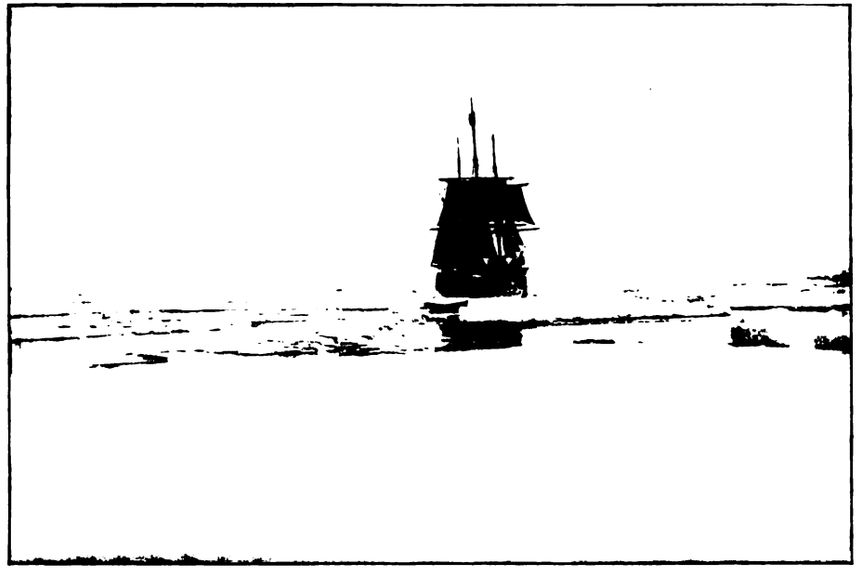
Crevasse en zigzag qui ne s'est que légèrement entr'ouverte
et le long de laquelle des pressions ne se sont pas exercées, consolidée dans la suite
et fortement masquée par de la neige chassée.

Longues traînées de neige chassée formées devant des hummocks.
Dans cette neige d'apport récent le vent a creusé des cuvettes oblongues.

Hummock isolé. Un fossé le contourne. La dune qui ensevelit partiellement le hummock
est allongée suivant la direction d'où le chasse-neige est venu.

Phot. Arctowski.

Aspect d'un chaînon de vieux hummocks à la suite d'un chasse-neige.



Champs de glace et voies d'eau à la date du 5 mars 1898.

Champs de glace et voies d'eau à la date du 5 mars 1898.

3 février 1899. — Trous de fusion formés dans les environs immédiats du bateau autour d'objets sombres.

Phot. Arctowski.

Champs de glace entre lesquels la BELGICA s'est avancée le 16 février 1899, resserrés et présentant de légères traces de pressions.

Voie d'eau formée en travers d'anciens hummocks. Crevasse à peine entr'ouverte, ressoudée et légèrement masquée par de la neige chassée

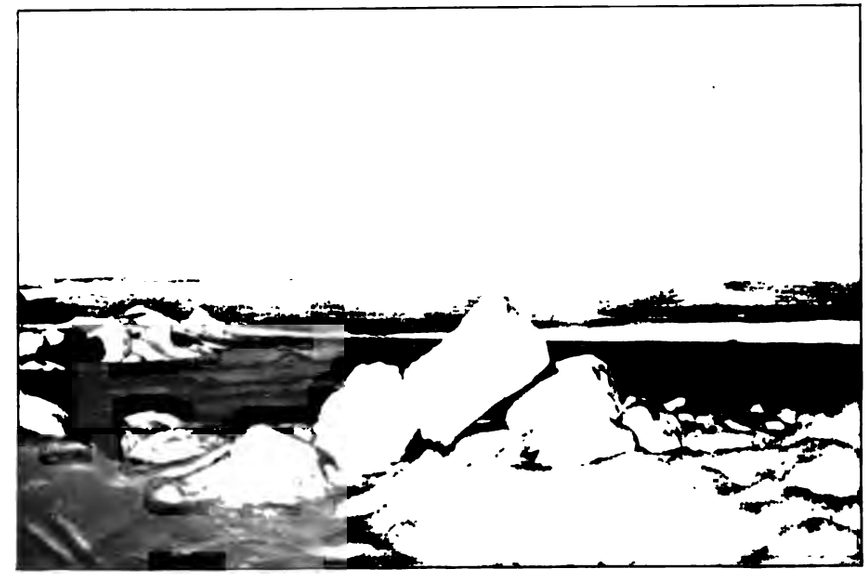
La même voie d'eau que ci-contre s'élargissant encore davantage vers la droite

Exemple typique d'une cassure nette produite par un effet de traction dans les glaces.

Phot. Arctowski.

Aspect d'un bloc de glace soulevé et fendu par suite de pressions le long d'une voie d'eau.

Bloc de vieille glace de mer fortement soulevé par les pressions.

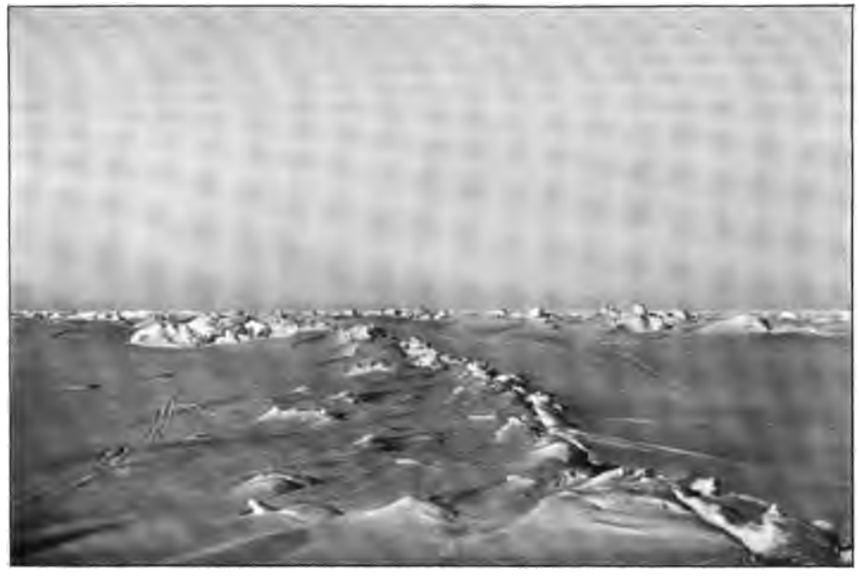


Formation d'un hummock. Voie d'eau couverte de jeune glace.

Effets de pressions dans les glaces.

Phot. Arctowski.

Hummocks et voie d'eau.



Une fente dans le champ de glace ayant subi une légère compression

Fente légèrement comprimée et formation de plissements dans la glace.

Dépression le long d'un grand hummock. Le poids soulevé force la plaque de glace sur laquelle il repose à s'enfoncer jusqu'en dessous du niveau de l'eau. Stalactite de glace. Neige corrodée par l'effet du rayonnement solaire.

Phot. Arctowski.

Plissements dans la glace et cassures faisant suite à un alignement de hummocks. Du moins en été la glace de mer est loin d'être parfaitement rigide.

LISTE DES RAPPORTS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE LA

COMMISSION DE LA "BELGICA"

Les mémoires dont les titres sont précédés d'un astérisque (*) ont déjà paru.

Le classement des rapports dans les volumes III, IV, VI, VII, VIII et IX sera fait ultérieurement.

VOLUME I.

RELATION DU VOYAGE ET RÉSUMÉ DES RÉSULTATS, par A. de Gerlache de Gomery.
*TRAVAUX HYDROGRAPHIQUES ET INSTRUCTIONS NAUTIQUES (Premier fascicule), pr G. Lecointe. Frs 67,5

VOLUME II.

ASTRONOMIE ET PHYSIQUE DU GLOBE.

*ETUDE DES CHRONOMÈTRES (deux parties), par G. Lecointe . . . . . Frs 33,50
OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES, par C. Lagrange et G. Lecointe
*MESURES PENDULAIRES, par G. Lecointe. Fr. 5.—
CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES ET MAGNÉTIQUES, par Guyou.

VOLUMES III ET IV.

MÉTÉOROLOGIE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES EN MER LIBRE, par H. Arctowski.
*RAPPORT SUR LES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES HORAIRES, par H. Arctowski . . . Frs 60,00
*OBSERVATIONS DES NUAGES, par A. Dobrowolski. . . . . » 20,00
*LA NEIGE ET LE GIVRE, pr A. Dobrowolski. Frs 10,00
*PHÉNOMÈNES OPTIQUES DE L'ATMOSPHÈRE, par H. Arctowski . . . . . Frs 6,00
*AURORES AUSTRALES, par H. Arctowski . . » 11,00

VOLUME V.

OCÉANOGRAPHIE ET GÉOLOGIE.

SONDAGES, par H. Arctowski
SÉDIMENTS MARINS, par H. Van Hove.
*RELATIONS THERMIQUES, par H. Arctowski et H. R. Mill . . . . . Frs 10,50
*DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ DE L'EAU DE MER, par J. Thoulet. . . . . Frs 7,50
*RAPPORT SUR LA DENSITÉ DE L'EAU DE MER, par H. Arctowski et J. Thoulet. . . . . Frs 3,00
COULEUR DES EAUX OCÉANIQUES, par H. Arctowski.
*LES GLACES, par H. Arctowski . . . . . Frs 17,50
*LES GLACIERS, par H. Arctowski . . . . . » 35,50
ÉTUDE DES ROCHES, par A. Pelseneer.
QUELQUES PLANTES FOSSILES DES TERRES MAGELLANIQUES, par M. Gilbert.

VOLUMES VI, VII, VIII ET IX.

BOTANIQUE ET ZOOLOGIE.

Botanique.

DIATOMÉES (moins *Chaetoceros*), par H. van Heurck.
PERIDINIENS ET CHAETOCÉRÉS, par Fr. Schütt.
ALGUES, par E. De Wildeman.
*CHAMPIGNONS, par Mlles Bommer et Rousseau Frs 9,50
*LICHENS, par E. A. Wainio . . . . . » 12,00
*HÉPATIQUES, par F. Stephani . . . . . } Frs 28,00
*MOUSSES, par J. Cardot . . . . . }
CRYPTOGAMES VASCULAIRES, par Mme Bommer.
*PHANÉROGAMES, par E. De Wildeman . . Frs 52,50

Zoologie.

FORAMINIFÈRES, par Van den Broeck.
RADIOLAIRES, par Fr. Dreyer.
TINTINOIDES, par K. Brandt.
*SPONGIAIRES, par E. Topsent . . . . . Frs 16,00
*HYDRAIRES, par C. Hartlaub . . . . . » 8,50
SIPHONOPHORES, par C. Chun.
*MÉDUSES, par O. Maas . . . . . Frs 8,50
ALCYONAIRES, par Th. Studer.
*PENNATULIDES, par H. F. E. Jungersen . . » 3,00
*MADRÉPORAIRES et HYDROCORALLIAIRES, par E. v. Marenzeller . . . . . } Frs 5,00
*ACTINIAIRES, par O. Carlgren . . . . .
CTÉNOPHORES, par C. Chun.
*HOLOTHURIDES, par E. Hérouard . . . . Frs 5,00
*ASTÉRIDES, par H. Ludwig . . . . . » 19,50
*ÉCHINIDES ET OPHIURES, par R. Koehler. » 17,50
CRINOIDES, par J. A. Bather.
*TURBELLARIEN, par L. Böhmig . . . . . Frs 7,00
CESTODES, TRÉMATODES ET ACANTHOCÉPHALES, par P. Cerfontaine.
*NÉMERTES, par Bürger . . . . . Frs 4,50
*NÉMATODES LIBRES, par J. G. de Man . . » 23,00
NÉMATODES PARASITES, par J. Guiart.
CHAETOGNATHES, par O. Steinhaus.
GÉPHYRIENS, par J. W. Spengel.
OLIGOCHÈTES, par P. Cerfontaine.
POLYCHÈTES, par G. Prevot et E. G. Racovitza.
*BRYOZOAIRES, par A. W. Waters . . . . Frs 27,50
*BRACHIOPODES, par L. Joubin. . . . . » 3,00
ROTIFÈRES ET TARDIGRADES, par C. Zelinka.
PHYLLOPODES, par Hérouard.
*OSTRACODES, par G. W. Müller . . . . . Frs 2,50
*COPÉPODES, par W. Giesbrecht . . . . . Frs 25,00
*CIRRIPÈDES, par P. P. C. Hoek. . . . . » 2,00
CRUSTACÉS ÉDRYOPHTHALMES, par Ch. Pérez.
SCHIZOPODES ET CUMACÉS, par H. J. Hansen.
CRUSTACÉS DÉCAPODES, par H. Coutière.
PYCNOGONIDES, par G. Pfeffer.
PÉDICULIDES, par V. Willem.

*ACARIENS LIBRES, par Dr Trouessart, et A. D. Michael . . . . . } Frs 7,50
*ACARIENS PARASITES, par G. Neumann . . .
*ARAIGNÉES ET FAUCHEURS, par E. Simon.
*MYRIAPODES, par C. v. Attems . . . . . } Frs 11,00
*COLLEMBOLES, par V. Willem . . . . .
*ORTHOPTÈRES, par Brunner von Wattenwyl.
*HÉMIPTÈRES, par E. Bergroth. . . . . .
*COLÉOPTÈRES, par E. Rousseau, A. Grouvelle, H. Schouteden, E. Brenske, Boileau, Bourgeois, E. Olivier, L. Fairmaire, G. Stierlin, A. Bovie et A. Lameere . . . . . } Frs 19,50
*HYMÉNOPTÈRES, par C. Emery, J. Tosquinet, E. André et J. Vachal . . . . . .
*DIPTÈRES, par J. C. Jacobs, Th. Becker et E. H. Ribbaanen . . . . . .
*SCAPHOPODEN, par L. Plate. . . . . Fr. 1.00
*GASTROPODES ET LAMELLIBRANCHES, par P. Pelseneer . . . . . } Frs 25,00
*CÉPHALOPODES, par L. Joubin . . . . .
TUNICIERS, par E. Van Beneden.
*POISSONS, par L. Dollo . . . . . Frs 48,00
BILE DES OISEAUX ANTARCTIQUES, par P. Portier.
OISEAUX (*Biologie*), par E. G. Racovitza.
OISEAUX (*Systématique*), par Howard Saunders.
*CÉTACÉS, par E. G. Racovitza . . . . . Frs 24.00
EMBRYOGÉNIE DES PINNIPÈDES, par E. Van Beneden.
*ORGANOGÉNIE DES PINNIPÈDES. I. Les extrémités, par H. Leboucq. . . . . Frs 5.50
ORGANOGÉNIE DES PINNIPÈDES. II, par Bracket.
ENCÉPHALE DES PINNIPÈDES, par Bracket.
PINNIPÈDES (*Biologie*), par E. G. Racovitza.
*PINNIPÈDES (*Systématique*), par E. Barrett-Hamilton . . . . Frs 4,00
BACTÉRIES DE L'INTESTIN DES ANIMAUX ANTARCTIQUES, par J. Cantacuzène.
LA BIOGÉOGRAPHIE DE L'ANTARCTIDE, par E. G. Racovitza.

VOLUME X.

ANTHROPOLOGIE.

MEDICAL REPORT, par F. A. Cook.
REPORT UPON THE ONAS, par F. A. Cook.
A YAHGAN GRAMMAR AND DICTIONARY, par F. A. Cook.

REMARQUES. — Il sera éventuellement mis en vente trente collections complètes des mémoires. Ceux-ci pourront être acquis, séparément, aux prix indiqués sur la présente couverture : à l'Office de publicité, **LEBÈGUE & Cie**, 46, rue de la Madeleine, à **BRUXELLES.**

Ces prix seront réduits de 20 % pour les personnes qui souscriront à la série complète des mémoires à la librairie désignée ci-dessus. Toutefois, lorsque la publication sera terminée, les prix indiqués sur cette liste seront majorés de 40 %, pour les mémoires vendus séparément, et de 20 %, pour les mémoires vendus par série complète.

Folio
QB2667 .A68
Les glaces: glace de mer et banquis
Kummel Library APC6167
3 2044 032 860 892

DATE DUE

GAYLORD PRINTED IN U.S.A.